EX BIBLIOTECÂ
D. A. de VLLOA

Sec 74
n 107

COURS
DE PHYSIQUE
EXPERIMENTALE.

TOME PREMIER.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA SEVILLA

COURS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE,

PAR le Docteur J. T. DESAGULIERS,
de la Societé Royale de Londres.

TRADUIT DE L'ANGLOIS

PAR le R. P. PEZENAS de la Compagnie de Jesus, Professeur Royal d'Hydrographie à Marseille.

Enrichi de Figures.

TOME PREMIER.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA GENEVENSIS

A PARIS,

Chez { JACQUES ROLLIN, Quay des Augustins, à S. Athanase.
ET
CHARLES-ANTOINE JOMBERT, rue Dauphine, à l'Image Notre-Dame.

M. DCC. LI.

PREFACE.

TOUTES les connoiſſances que nous avons de la nature ſont appuyées ſur les faits : une Phyſique denuée d'obſervations & d'expériences n'eſt qu'une ſcience de mots & un jargon inintelligible. Mais il faut neceſſairement appeller à notre ſecours la Géométrie & l'Arithmétique, ſi nous ne voulons pas nous borner à l'Hiſtoire naturelle & à la Phyſique conjecturale. En effet, comme les effets compoſés dependent d'un grand nombre de cauſes, on pourroit méconnoître la cauſe principale, ſi l'on n'étoit pas en état de meſurer la quantité des effets que chacune produit, de les comparer enſemble, & de diſtinguer les uns des autres, pour découvrir leur cauſe totale, & pour trouver le reſultat de la réunion de ces differentes cauſes. Lorſque le Roman Philoſophique de M. *Deſcartes* eut renverſé la Phyſique d'*Ariſtote*, par l'élegance de ſon ſtyle & par l'explication plauſible des phénomenes de la nature, on ne tira pas

grand avantage de ce changement. Une nouvelle Secte de Philoſophes prit la place de quelques Pedans qui cachoient leur ignorance ſous des termes pompeux & ſous des expreſſions barbares : mais ces Philoſophes indolens s'attacherent à un genre de Philoſophie qui ne demande aucune connoiſſance des Mathématiques ; & s'appuyant ſur quelques principes dont ils n'examinoient pas la réalité, & qui ne pouvoient pas s'accorder enſemble, ils ſe flattoient d'être en état d'expliquer méchaniquement toutes les apparences par le ſeul mouvement des particules de la matiere. Ils allerent ſi loin, qu'ils prétendirent expliquer des phénomenes, que peut-être *Deſcartes* n'auroit pas cru lui-même pouvoir expliquer ; car ſa Phyſique n'auroit pas été à l'épreuve de la Géometrie qu'il connoiſſoit parfaitement. C'eſt au Chevalier *Newton*, qui a le premier appliqué la Géométrie à la Philoſophie, que nous ſommes redevables de la déroute de cette armée de *Goths* & de *Vendales*, qui ravageoient le monde philoſophique. Il l'a enrichi d'un plus grand nombre de grandes découvertes, que n'avoient fait avant lui tous les Philoſophes enſemble : & il a jetté des fondemens ſi ſolides pour acquerir de nouvelles connoiſſances, que même après ſa mort on puiſe dans ſes Ouvrages des lumieres qui enrichiſſent la Phyſique. Avant lui on ne formoit que de vaines conjectures ſur la cauſe du mouvement des Cométes & des Planétes autour du Soleil ; mais aujourd'hui il a trouvé cette cauſe dans les loix univerſelles de l'attraction (dont il a prouvé l'exiſtence d'une maniere

maniere inconteſtable) & il a fait voir que les irregularités apparentes de la Lune, qui s'étoient toujours refuſées au calcul des Aſtronomes, ne ſont préciſément que des conſéquences neceſſaires de l'action du Soleil & de la Terre ſur cette Planéte, ſelon leurs differentes poſitions. Les principes qu'il établit éclairciſſent toutes les difficultés des divers *phénoménes* du flux & du reflux de la mer, & il eſt maintenant démontré que la vraye figure de la Terre, eſt celle d'un ſphéroïde applati & plus élevé vers l'Equateur que vers les poles, malgré toutes les conjectures & les opinions contraires. Notre *Philoſophe incomparable* nous a découvert & démontré la vraye nature de la lumiere & des couleurs qui étoient entierement cachées aux plus habiles Naturaliſtes; car pendant qu'ils cherchoient tous l'origine des couleurs dans le mêlange de l'ombre & de la lumiere, *Newton* a fait voir qu'elles étoient renfermées dans les rayons du ſoleil & dans la lumiere même; & que la ſurface des corps colorés ne ſervoit qu'à ſéparer les rayons qui forment les differentes couleurs, en abſorbant les uns & réfléchiſſant les autres à notre œil, d'une maniere propre à produire les differentes ſenſations d'où dépend l'agréable varieté des objets colorés.

Son optique contient, outre les proprietés de la lumiere, un vaſte fond de Philoſophie, compris ſous le nom modeſte de queſtions ou de doutes, comme ſi ce n'étoient que des conjectures; mais ces mêmes queſtions ſe trouvent confirmées par les expériences & obſervations journalieres. Nous en avons un exemple bien remarquable

dans l'excellent Traité du Docteur *Etienne Halles* sur la *Statique des Vegetaux*, où plusieurs questions & propositions de *Newton* sont démontrées par l'expérience, de maniere à ne laisser aucun doute.

Je ne parlerai pas ici des belles inventions du Chevalier *Newton* dans les Mathématiques pures. Elles lui ont attiré avec raison l'admiration de ses Compatriotes & des Etrangers. Mais quoi qu'il en ait fait un grand usage pour découvrir la cause des *Phénoménes* de la nature, elles sont étrangeres au sujet que je traite, n'étant ici question que de la *Physique experimentale*. Mon but n'a été dans ce Cours que de parvenir à la connoissance de la nature par les expériences, non-seulement dans les circonstances où l'on n'y est parvenu que par cette voye, mais encore dans celles où cette connoissance n'a été acquise que par une longue suite de conséquences mathématiqves. Car j'ai trouvé des expériences qui nous conduisent pas à pas aux mêmes conclusions.

L'idée qu'on a eu qu'il faut necessairement entendre les Mathématiques pour être Physicien, a détourné bien des gens de la *Physique Newtonienne*. J'ai oui-dire à plusieurs *Cartésiens* que si la connoissance de la Géométrie étoit necessaire pour les convaincre, ils aimoient mieux perseverer dans leur maniere de philosopher, que de se jetter dans un si grand embarras : comme si l'on méritoit le nom de Philosophe, en raisonnant sur des principes qui paroissent faux ou arbitraires, & imaginés uniquement pour expliquer un phénomene. Celui qui explique par

une *hypotheſe* comment les mouvemens celeſtes ont pu s'executer, ne rend pas raiſon du ſyſtême du monde; c'eſt celui qui en démontre les cauſes réelles. Il en eſt de même des autres phénomenes : car ſi l'on ne peut pas démontrer ce que l'on veut expliquer, il vaut mieux avouer ſon ignorance, que de donner de vaines conjectures pour de vrayes explications. Si l'on vient jamais à connoître la cauſe des differentes operations du *Magneſiſme*, on la trouvera dans la comparaiſon des expériences & obſervations de *Norman*, *Pound*, *Paisley*, *Graham*, *Muſchembrock*, *Savery*, *Marcel* & autres (qui font profeſſion d'ignorer la cauſe de ces merveilleux effets) plûtôt que dans les differentes hypotheſes de ces Philoſophes, à qui la force de l'imagination fournit des conjectures qui ſont démenties par les obſervations journalieres & par les *Loix ordinaires du mouvement*.

Mais pour revenir à la *Philoſophie Newtonienne*, quoiqu'elle ſoit démontrée par les principes des Mathématiques, on peut cependant la communiquer au Public ſans le ſecours de ces principes. L'illuſtre M. *Locke* eſt le premier qui a trouvé le moyen de devenir *Philoſophe Newtonien* ſans ſe ſervir de la Géométrie. Il demanda à M. *Huygens* ſi toutes les *Propoſitions mathématiques* du Livre des *Principes de Newton* étoient veritables, & M. *Huygens* lui ayant répondu qu'il pouvoit compter ſur leur évidence, il les regarda comme des hypotheſes inconteſtables. Il examina avec ſoin les raiſonnemens & les corollaires que l'on tire de ces principes, & il fut pleinement

convaincu des grandes découvertes qui ſont contenues dans ce Livre. Il lut de même avec plaiſir l'Optique de Newton, en s'attachant aux propoſitions qui n'étoient pas purement mathématiques *. Mais comme on a inventé pluſieurs machines pour expliquer & prouver par expérience, ce que *Newton* a démontré mathématiquement, & que pluſieurs de ſes propres *expériences* ont été repetées dans les *Cours de Phyſique*, il eſt arrivé qu'un grand nombre de perſonnes ont fait de grands progrès dans la Phyſique par voye d'amuſement, & que quelques uns y ont pris tant de goût, qu'ils ſe ſont enfin déterminés à étudier les Mathématiques, & ſont devenus de grands Philoſophes. Le Docteur Jean *Keill* eſt le premier qui ait donné des Leçons publiques de *Phyſique expérimentale*, à la maniere des Mathématiciens ; car il a donné des *Propoſitions* fort ſimples, qu'il a prouvées par des *Expériences*, & il en a conclu d'autres plus compoſées, qu'il a auſſi confirmé par des expériences ; de maniere qu'il a mis ſes Auditeurs parfaitement au fait des *Loix du mouvement*, des *Principes* de l'*Hydroſtatique* & de l'*Optique*, & de quelques-unes des principales propoſitions de Newton ſur la *Lumiere* & les *Couleurs*. Il commença ſes *Cours* de Phyſique à *Oxford*, vers l'an 1704 ou 1705, & il donna par ce moyen du goût au Public pour la *Philoſophie Newtonienne*. Il eſt vrai que vers ce tems-là M. *Hauksbée* fit en public à *Londres* des Experiences *électriques*, *hydroſtatiques* & *pneumatiques* : mais il ne les donna & ne les expliqua que

* C'eſt ce que *Newton* m'a dit pluſieurs fois lui-même.

comme autant de *phénomenes* curieux, ſans prétendre en faire uſage pour prouver une ſuite de propoſitions philoſophiques dans un ordre mathématique. De-là vient qu'elles ne ſont pas auſſi propres que les *Expériences du Docteur Keill* à établir les principes d'une vraye Phyſique, quoiqu'elles ayent été peut-être executées avec plus de dexterité & avec des attentions plus ſcrupuleuſes. Elles formoient un *Cours d'Expériences*, & les autres un *Cours de Phyſique Expérimentale*.

Lorſque le Docteur *Keill* ſe fut retiré, je me mis à enſeigner la *Phyſique Expérimentale* ſur les mêmes principes, & je joignis à mes *Cours de Phyſique* pluſieurs *Propoſitions d'Optique* & la *Méchanique* proprement dite, c'eſt-à-dire, l'explication des organes méchaniques & la raiſon de leurs effets. J'ai tâché depuis ce tems-là de faire de nouveaux progrès dans cette Science, en y joignant de nouvelles *Propoſitions* & de nouvelles *Expériences*, & en faiſant dans mes machines les changemens qui me paroiſſoient propres à me rendre plus intelligible à ceux de mes Auditeurs qui n'étoient pas au fait des *mathématiques*, ou à donner plus de ſatisfaction aux Mathématiciens. Ces changemens ſe rapportent principalement à tout ce qui concerne la cauſe du mouvement des corps celeſtes & les *phénomenes* de notre *ſyſtême*. Vers l'an 1713. je me rendis à *Londres*, où je vis avec plaiſir les grands progrès que la *Philoſophie Newtonienne* avoit fait parmi les perſonnes de tous rangs & de toutes les profeſſions, & même parmi les Dames, au moyen des

périences. Quoique pluſieurs Sçavans ayent enſeigné depuis ce tems-là, & enſeignent encore avec beaucoup de ſuccès la *Phyſique Experimentale* à ma maniere (ou plûtôt à la maniere de M. Keill) j'ai fait autant de Cours que je pouvois en ſouhaiter, celui où je ſuis engagé à preſent étant le cent vingt-uniéme depuis que j'ai commencé à *Hart-Hall* à *Oxford* en 1710. La ſatisfaction que j'ai d'avoir occaſionné les autres Cours eſt ſi grande, que je ne ſçaurois m'empêcher de dire, que de onze ou douze Sçavans qui font à preſent les *Cours d'Expériences* en *Angleterre* & dans les autres parties du monde, j'ai eu l'honneur d'en avoir huit parmi mes Diſciples, & que leurs nouvelles découvertes ſont un nouveau relief pour moi. Car ce qui pourroit donner de la jalouſie dans toute autre profeſſion que dans celle des Philoſophes, n'eſt regardé que comme une nouvelle acquiſition utile à ceux qui aiment la Phyſique, le profit leur étant commun, pendant que l'Auteur d'une découverte a ſeul la gloire de l'invention.

C'eſt pour cela que je n'ai jamais fait difficulté d'employer les *machines* & les *inſtrumens* que les autres ont imaginés, & que je n'ai jamais refuſé de communiquer, ou même de prêter les miens, à ceux qui ont voulu en faire de ſemblables. Il ſuffit que l'on rende juſtice à l'Auteur d'une nouvelle découverte, comme je le fais ordinairement.

La plus grande partie de mes Auditeurs, qui ont ſouhaité que je fiſſe imprimer ce Cours, étant fort peu verſé

verſés dans les Mathématiques, j'ai cru qu'il étoit à propos d'éviter dans mes Leçons les *Démonſtrations géometriques* trop difficiles & les *Calculs algebriques*; & j'ai ſouvent prouvé la même verité par pluſieurs Expériences, afin que ceux qui ne trouveroient pas dans les unes une pleine conviction, puſſent la trouver dans les autres. Je ne demande à mes Lecteurs qu'un peu d'attention & une legere teinture d'Arithmétique, pour les mettre à portée de comprendre ces *Leçons*; pourvû qu'ils commencent par la premiere & qu'ils avancent par degrés, pour pouvoir paſſer des verités les plus ſimples à celles qui ſont plus compoſées, & qui dérivent des premieres. Car autrement ſi l'on ouvroit ce Livre au haſard, on pourroit y trouver bien des choſes difficiles, ſur-tout dans la derniere *Leçon* de ce *Volume*, que l'on comprendra pourtant aiſément, ſi l'on s'eſt rendu maître de tout ce qui précede. Peut-être que les *Mathématiciens* me trouveront trop diffus dans mes Leçons; mais ceux qui en ont donné aux autres, ſçavent fort bien qu'on ne ſçauroit s'expliquer trop clairement, lorſqu'on parle à des gens qui n'ont pas un certain *genie* pour les *Mathematiques* (quelque bon eſprit qu'ils ayent d'ailleurs.) On eſt même obligé quelquefois d'employer des manieres de démonſtrations qui ne ſont pas trop exactes, pour préparer les Auditeurs à des matieres plus abſtraites. C'eſt à quoi j'ai été ſouvent forcé de recourir dans un grand Auditoire, où il n'eſt pas ordinaire de trouver beaucoup d'attention. Mais j'eſpere que les Philoſophes les plus

rigides me le pardonneront, lorſqu'ils trouveront dans les Notes la démonſtration géometrique des mêmes veritès; peut-être que les *Mathématiciens* même ne croiront pas perdre leur tems en les parcourant. Je ne prétends pas néanmoins interdire au commun des Lecteurs la lecture des Notes; car ceux qui auront bien lû & compris ce qui eſt contenu dans le corps de la Leçon, ſeront en état de comprendre ce qui eſt renfermé dans les *Notes*.

Je dois auſſi reconnoître ici que la plus grande partie de ce que j'ai dit de l'*Arc* & du *Reſſort* dans la derniere Leçon de ce Volume, & une partie de ce que j'ai dit du *Volan* & du *Belier* des Anciens, a été puiſé dans quelques papiers que *Guillaume Jones* Ecuyer m'a envoyé.

APPROBATION.

J'AY lû par ordre de Monſeigneur le Chancelier un Manuſcrit intitulé : *Cours de Phyſique Expérimentale, traduit de l'Anglois de Deſaguliers, par le R. P. Pezenas de la Compagnie de Jeſus*, dont on peut permettre l'impreſſion. FAIT à Paris ce 25 Février 1750.

LE MONIER.

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS, par la grace de Dieu, Roy de France & de Navarre : A nos amés & féaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conſeil, Prevôt de Paris, nos Juſticiers qu'il appartiendra, SALUT. Notre bien amé CHARLES-ANTOINE JOMBERT, Libraire à Paris, & ordinaire pour notre Artillerie & pour le Génie, nous a fait expoſer qu'il déſiroit faire imprimer & donner au Public pluſieurs Ouvrages, qui ont pour Titres : *Elemens de la Guerre des Sieges, &c. contenant l'Artillerie, l'Attaque & la Défenſe des Places par M.* LE BLOND ; *Principes du Syſtême de petits Tourbillons de Deſcartes par l'Abbé* DELAUNAY ; *Géographie Phyſique, ou Introduction à la Connoiſſance de l'Univers par* STRUYCK, *traduit en François ; les Elémens de la Phyſique-Mathématique par* S'GRAVESANDE, *traduit en François ; Dictionnaire de Mathématique de* WOLFIUS, *traduit en François ; Cours de Mathématique de* WOLFIUS, *traduit en François ; Maniere de graver en Taille-douce & à l'Eau Forte par Abraham* BOSSE ; *les Regles du Deſſein & du Lavis ;* Cours de Phyſique Expérimentale, traduit de l'Anglois de DESAGULIERS, par le R. P. PEZENAS ; *Elémens Généraux des Parties de Mathematiques néceſſaires à l'Artillerie & au Génie, par M. l'Abbé* DEIDIER ; s'il Nous plaiſoit lui accorder nos Lettres de Privilege pour ce néceſſaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Expoſant, Nous lui avons permis & permettons par ces preſentes de faire imprimer leſdits Ouvrages ci-deſſus ſpécifiés en un ou pluſieurs volumes, & autant de fois que bon lui ſemblera, & de les vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le tems de *quinze années* conſécutives, à compter du jour de la date deſdites preſentes : Faiſons défenſes à toutes ſortes de perſonnes de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre obéiſſance ; comme auſſi à tous Libraires, Imprimeurs & autres, d'imprimer, faire imprimer, vendre, faire vendre ni contrefaire leſdits Ouvrages, ni d'en faire aucuns Extraits ſous quelque prétexte que ce ſoit, d'augmentation, correction, changemens ou autres, ſans la permiſſion expreſſe & par écrit dudit Expoſant, ou de ceux qui auront droit de lui, à peine de confiſcation des Exemplaires contrefaits & de trois mille livres d'amende contre chacun des Contrevenans, dont un tiers à nous, un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris & l'autre tiers audit Expoſant, & de tous dépens, dommages & interêts :

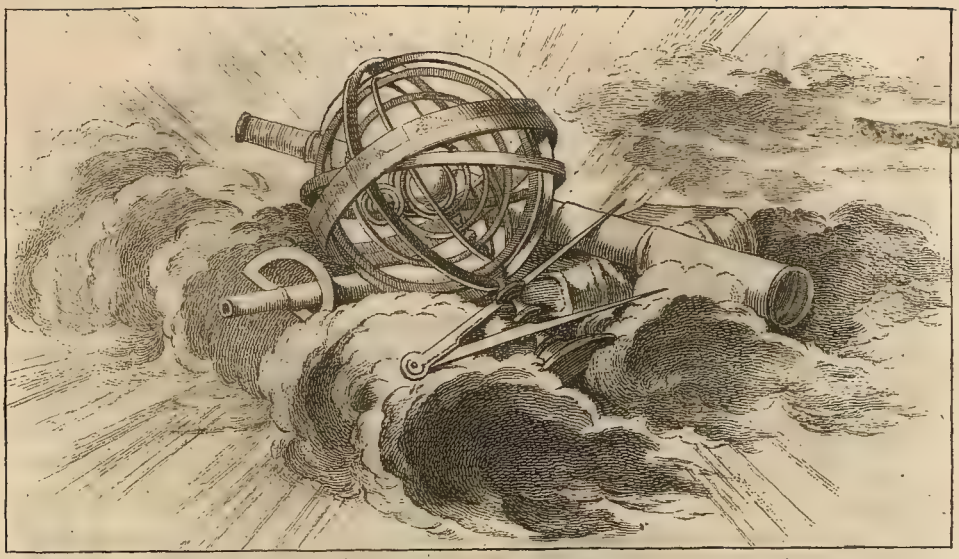
A la charge que ces preſentes ſeront enregiſtrées tout au long ſur le Regiſtre de la Communauté des Libraires & Imprimeurs de Paris, dans trois mois de de la date d'icelle ; que l'impreſſion deſdits Ouvrages ſera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en bon papier & beaux caracteres, conformément à la feüille imprimée & atachée pour modele ſous le contre-ſcel deſdites preſentes ; que l'Impetrant ſe conformera en tout aux Reglemens de la Libraire, & notamment à celui du dix Août 1725, & qu'avant que de les expoſer en vente, le Manuſcrit ou Imprimé qui aura ſervi de copie à l'impreſſion deſdits Livres, ſera remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée ès mains de notre très-cher & féal Chevalier le Sieur Dagueſſeau, Chancelier de France, Commandeur de nos Ordres, & qu'il en ſera enſuite remis deux Exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier le Sieur Dagueſſeau, Chancelier de France, le tout à peine de nullité de préſentes ; du contenu deſquels vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Expoſant & ſes ayans-cauſe pleinement & paiſiblement, ſans ſouffrir qu'il leur ſoit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la Copie deſdites préſentes qui ſera imprimée tout au commencement ou à la fin deſdits Ouvrages, ſoit tenue pour dûement ſignifiée, & qu'aux Copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conſeillers & Secretaires, foy ſoit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huiſſier, ou Sergent ſur ce requis, de faire pour l'execution d'icelles, tous actes requis & néceſſaires ſans demander autre permiſſion, & nonobſtant clameur de Haro, Charte Normande & Lettres à ce contraires. Car tel eſt notre plaiſir. DONNÉ à Verſailles le vingt-ſixiéme jour d'Avril, l'an de grace mil ſept cens quarante-trois, & de notre Regne le vingt-huitiéme. Par le Roy en ſon Conſeil,

SAINSON.

Regiſtré ſur le Regiſtre XI. de la Chambre Royale des Libraires & Imprimeurs de Paris, N°. 185. fol. 155. conformément aux anciens Réglemens, confirmés par celui du 28 Février 1723. A Paris le 23 May 1743.

CAVELIER, *Syndic.*

COURS



COURS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.

LEÇON I.

L'ESPRIT de dispute, ou le désir ardent de remporter la victoire, plûtôt que de parvenir à la connoissance de la vérité, a été l'un des plus grands obstacles aux progrès de la Physique, & rien n'occasionne plus de contestations, que lorsque différentes personnes attachent différentes idées aux mêmes mots; car les hommes ne peuvent jamais bien s'entendre les uns les autres, tant qu'ils n'attachent pas les mêmes idées aux mêmes mots. Il n'y a point de dispute dans les Mathématiques pures, parce que l'on commence toujours par la définition des termes, & tous ceux qui lisent une proposition, ont la même idée de chacune de ses parties : de sorte que lorsqu'un homme a l'esprit assez foible pour vouloir opposer une démonstration à une autre, on le doit regarder avec mépris comme

LEÇON I. un homme qui veut raisonner à la maniere des Philosophes : car de la peut terminer immédiatement toutes les disputes mathématiques, en faisant voir ou que l'Adversaire ne s'est pas attaché à ses définitions, ou qu'il n'a pas commencé par établir de vrais principes, ou bien qu'il a tiré de fausses conclusions des principes qu'il avoit établis, ou enfin on doit avouer qu'on ne comprend pas une partie de sa démonstration, & le prier de se rendre plus intelligible. Et en effet, à moins qu'on ne puisse faire voir où se trouve l'erreur & le paralogisme, on ne doit pas le condamner, mais se rendre à ce qui a été démontré.

Il est vrai que dans les Mathématiques mixtes, où l'on raisonne mathématiquement sur des objets physiques, on ne sçauroit donner des définitions aussi justes que celles des Géometres ou des Logiciens : on doit se borner à des descriptions, & elles seront aussi utiles que les définitions, si l'on s'accorde toujours avec soi-même, & si l'on attache toujours les mêmes idées aux mêmes termes que l'on a une fois expliqués : car dire que les autres ont pris dans un autre sens les mots dont nous nous servons, ce n'est pas-là une objection raisonnable ; parce qu'on peut répondre qu'ils n'avoient pas alors les mêmes idées que nous avons. Ainsi lorsque dans ce Cours nous employerons des mots qui ont eu différens sens, nous marquerons toujours en quel sens nous les prenons : & lorsque nous serons obligés d'imaginer de nouveaux termes, comme il arrive souvent dans la description des Machines, nous les expliquerons toujours dès la premiere fois que nous les employerons.

1. PAR le mot *Matiére*, on entend tout ce qui a étendue & résistance : & parce que tous les corps tant solides que fluides sont étendus & résistent, on dit que tous les corps sont composés de matiére.

2. LES *Cartesiens* font consister la matiére dans l'étendue seule ; mais l'étenduë sans résistance n'est qu'un pur *espace*. Car quoiqu'ils disent qu'on ne peut pas avoir l'idée de l'étenduë sans avoir celle du corps, ils ne s'accordent pas avec l'expérience : puisque si l'on tire un cube d'une boëte cubique qui est remplie exactement, on conçoit aisément la longueur, la largeur & la profondeur de la boëte vuide, & l'on a besoin d'une seconde idée pour avoir la notion de quelque autre corps qui entre dans la boëte pour la remplir

ou pour imaginer que ſes côtés s'approchent les uns des autres par la preſſion des corps environnans. LEÇON I.

3. Il eſt évident par la définition de la matiére, qu'elle eſt de la même eſpéce dans tous les corps; quoique l'idée commune attachée à ce mot ſemble nous donner une autre notion; car nous diſons dans le diſcours ordinaire *qu'un inſtrument eſt de* bois, *de* cuivre, *ou de* fer, *ou de quelque autre matiére;* comme ſi la différence des corps conſiſtoit dans la différente eſpéce de matiére dont ils ſont compoſés : au lieu que la matiére eſt *homogéne* ou de même nature dans tous les corps ſolides ou fluides, durs ou mous, plus ou moins peſans; ſoit qu'ils appartiennent à la terre ou à quelque autre partie de l'univers : par exemple, la matiére du liége ne différe pas eſſentiellement de celle de la chair, ou de celle de l'or ou des diamans. Mais toute la varieté des corps, * & les divers changemens qui leur arrivent, dépendent entiérement de la ſituation, de la diſtance, de la grandeur, de la figure, de la ſtructure, des forces & de la cohéſion des parties qui les compoſent. * Note 1.

4. Si le mercure réſiſte plus que l'eau, * & l'eau plus que l'air, cela ne vient pas de ce que l'un eſt d'une matiére plus réſiſtante que l'autre; mais de ce que le corps plus peſant contient un plus grand nombre de particules dans le même eſpace : cette réſiſtance vient ſouvent de la plus forte cohéſion des parties, & c'eſt pour cela qu'un corps plus leger réſiſte quelquefois plus qu'un corps plus peſant, contre une force qui tend à en ſéparer les parties; c'eſt ainſi que le bois réſiſte plus que l'eau, & le diamant plus que l'or. Mais lorſqu'il y a peu ou qu'il n'y a point de cohéſion dans les parties, même dans les fluides les plus ſubtils, on y trouve toujours quelque réſiſtance : car quoique la lumiére condenſée par le moyen d'un miroir brûlant ſoit mille fois plus rare que l'air, elle ne laiſſe pas d'avoir une grande réſiſtance, puiſqu'elle ſépare les parties des corps avec tant de violence & ſi promptement, lorſqu'on les place au foyer du miroir. Et même lorſque les rayons de lumiére ſont auſſi diſperſés qu'ils le paroiſſent être ſur la terre, en venant directement à nous du Soleil, ils ne laiſſent pas d'avoir une force ſenſible, comme on peut le remarquer, ſi l'on fait réfléxion que la vapeur qui s'exhale d'une Cométe, & qui forme ſa queuë, eſt toujours pouſſée vers le côté de la Cométe qui eſt oppoſé au Soleil; * Note 2.

Leçon I. de la

& cela arrive soit que la Cométe soit portée vers le Soleil ; ou qu'elle vienne du côté du Soleil, même à des distances aussi grandes & plus grandes que celles de la terre. Et s'il y a un milieu encore plus subtil que la lumiére * (comme on a lieu de le conclure de certains phénoménes) ce milieu même a de la résistance, puisqu'il brise, qu'il réfléchit, & qu'il plie les rayons de lumiére auprès de la surface & des côtés des corps.

* Note 3.

5. Les Mathématiciens ont démontré en différentes manieres que la quantité, & par conséquent la matiére est divisible à l'infini ; * & l'on ne sçauroit concevoir une particule de matiére si petite, qu'elle ne soit encore divisible ; car dès-lors que c'est un corps, elle doit avoir un dessus, un dessous & un milieu, à moins qu'on ne veuille confondre le haut avec le bas, ce qui est absurde. On peut donc partager par le milieu cette petite particule. Mais il ne faut pas s'imaginer que par cette division les parties soient séparées les unes des autres ; tout de même que lorsqu'on divise une espace cubique de deux pouces en huit espaces cubiques d'un pouce, on ne suppose pas que ces nouveaux cubes soient séparés les uns des autres, ou qu'ils soient tirés du cube de deux pouces qui les contient.

* Note 4.

6. Quant à la division actuelle de la matiére * qui se fait en séparant les parties les unes des autres, elle n'est pas possible au-delà d'un certain degré, parce qu'il y a des *atômes* ou des parties extrêmement petites, que l'on nomme parties constituantes ou composantes des corps naturels, & que l'Auteur de la Nature infiniment sage & tout-puissant, a créé dès le commencement pour être les particules primordiales de la matiére, d'où devoient résulter toutes les natures corporelles. Ces particules n'ont point de pores, sont solides, fermes, impénétrables, parfaitement passives & mobiles : En sorte que la plus grande division méchanique où l'on peut arriver, ne fait que séparer quelques-unes de ces premieres parties les unes des autres, & diminuer leur attouchement ; car les corps mixtes & composés sont détruits par cette séparation, & l'on ne peut pas mettre en piéces leurs particules primitives. Ces premieres particules étant parfaitement solides, doivent être beaucoup plus dures & plus fermes qu'aucun corps qui puisse résulter de leur composition, & qui ait des pores ou des vuides cachés & répandus dans toute sa solidité : c'est-à-dire, qu'elles

* Note 5.

ſont tellement dures & fermes, qu'on ne peut jamais ni les écorner, ni les diminuer. Car il n'eſt pas raiſonnable de ſuppoſer qu'il y ait aucune force ou puiſſance dans le cours ordinaire de la nature, qui puiſſe diviſer en pluſieurs parties ce que Dieu dans la premiere création a voulu être un & ſimple. Ainſi tant que ces particules primitives reſteront entiéres, il y aura toujours des corps qui en ſeront compoſés, & qui auront la même nature & compoſition: mais ſi elles pouvoient être *rompues, écornées ou diminuées*, la nature des êtres corporels, qui en dépend, ſeroit changée. La terre & l'eau qui ſeroient compoſées de ces particules ainſi rompues ou écornées, ou de leurs fragments, n'auroient plus dès-lors la même nature & combinaiſon, & ſeroient différentes de la terre & de l'eau primitive, qui ſont compoſées de ces particules entiéres. Ainſi afin que la nature des êtres créés puiſſe ſubſiſter, & que leur cours naturel ſoit toujours le même, il faut que tous les changemens qui arrivent dans les corps, ne procédent que des différentes ſéparations, réunions & mouvements de ces particules primitives.

7. On doit penſer que ces particules ſont d'une petiteſſe inconcevable; * mais que par l'union de pluſieurs enſemble, il s'en fait des blocs ou parties de la premiere compoſition (ainſi qu'on les appelle), qui ont entr'elles des interſtices, parce que les premieres particules ne ſe touchent pas mutuellement dans toute leur ſurface, & ces interſtices ſe nomment les pores de la premiere compoſition. De même par la réunion de pluſieurs de ces blocs, il ſe forme des *molécules* ou des blocs de la ſeconde compoſition, plus gros que les premiers, & qui ont des pores de la ſeconde compoſition, plus grands que les premiers, & ainſi de ſuite pour les divers ordres de compoſitions, juſqu'aux corps d'une grandeur ſenſible. Delà il ſuit qu'il doit y avoir une grande quantité de vuides * répandus dans tous les corps, ſelon qu'ils ont plus ou moins de compoſitions, & que tous les eſpaces ne ſont pas également pleins de matiere. * C'eſt ce que l'on verra clairement dans une Expérience.

* Note 6.

* Note 7.

* Note 8.

Expérience I. *Planche* 1. *Figure* 1.

Placez ſur la platine de cuivre B de la pompe pneumatique (dont je donnerai dans la ſuite la deſcription) un grand réci-

Planche 1.

Figure 1.

LEÇON I.

pient cylindrique de verre AB, ouvert aux deux extrêmités d'environ cinq pouces de diametre, & de ſept ou huit pieds de haut : qu'il devienne impénétrable à l'air par le moyen d'un cuir mouillé ſur la platine B, & d'un autre ſur l'ouverture A du récipient, & ſous la platine D qui le couvre. Au-deſſous de cette platine on attache avec des vis la machine P *s p s* deſtinée à faire tomber des corps dans le vuide dans le même inſtant. Car lorſque l'on retire en haut le fil de fer W (qui gliſſe en montant & en deſcendant dans le collier de cuir huilé *c*, afin que l'air ne puiſſe pas trouver une iſſuë) & que l'on éleve le crochet *h*, la platine quarrée horizontale *p*, étant portée en haut vers la partie étroite des reſſorts de cuivre *s*, *s*, les fait ouvrir de maniere que la platine P (qui ſe meut ſur un gond) prend une ſituation verticale, & que les corps qui y étoient placés tombent dans le même moment.

Planche 1. Figure 1.

Placez enſuite ſur la platine P un duvet & une guinée qui ſoit exactement à côté du duvet. (Voyez la figure 2. où la platine P eſt dans une ſituation horizontale, comme elle l'eſt lorſque l'un des reſſorts *s* revient, & où le collier *c* eſt ſéparé des reſſorts & de la platine (qui couvre le récipient.) Il doit entrer à vis dans cette platine & dans ces reſſorts, lorſque le tout eſt placé ſur le récipient.) Ayant pompé l'air du récipient, ſi l'on retire en haut le fil de fer W, la guinée & le duvet tomberont avec la même vîteſſe, (comme on voit en *c*) & arriveront au fond dans le même tems. Mais ſi l'air n'a pas été pompé, la guinée arrivera au fond avant que le duvet ſoit arrivé au quart de la hauteur du récipient.

9. SI le récipient avoit été parfaitement plein avant qu'on en eût tiré l'air, (quoiqu'alors il y eût beaucoup plus de vuide que de matiere *), il eſt évident qu'il doit s'y trouver une grande quantité de vuide après qu'on en a pompé l'air, parce que la réſiſtance en a été diminuée juſqu'au point qu'un duvet y tombe au moins quatre fois plus vîte qu'il ne faiſoit dans l'air commun. En effet, quelque ſubtil que ſoit l'air qui eſt reſté dans le récipient, quoique les particules de la lumiere, & les écoulements des corps, pénétrent le verre, & entrent dans le récipient, toute la matiere qui y reſte eſt beaucoup moindre en quantité, que l'air qui en a été tiré, puiſque la réſiſtance en eſt diminuée. Car il eſt auſſi abſurde de dire qu'après l'épuiſement de l'air, le récipient eſt auſſi plein qu'auparavant, que ſi l'on diſoit qu'un gallon

* Note 9.

de bierre changé en écume (de maniere à remplir d'écume tout le récipient de haut en bas) le rempliroit autant que huit gallons de bierre ſans écume, s'il étoit capable de les contenir.

Planche 1.

Figure 1.

10. ON doit regarder la peſanteur comme une proprieté de la matiere qui à la vérité ne lui eſt pas eſſentielle, mais qui étant univerſelle, en eſt dans un ſens, inſéparable. C'eſt-à-dire, que toutes les parties de la matiere, de quelque façon qu'elle ſoit modifiée (ou que tous les corps), ont une gravitation ou attraction les uns vers les autres, comme on le démontrera dans la ſuite à l'égard des corps tant céleſtes que terreſtres : la tendance des corps peſants vers le centre de la terre, vient de la même cauſe, qui fait que le ſoleil tend vers les planétes, & les planétes vers le ſoleil. N. B. *Lorſque nous nous ſervons des mots de* peſanteur, gravitation *ou* attraction, *nous n'avons pas égard à la cauſe, mais à l'effet, & ſurtout à cette force que les corps ont, lorſqu'ils ſont portés les uns vers les autres, & qui (à diſtances égales) eſt toujours proportionnelle à leur quantité de matiere, ſoit que ce mouvement ſoit occaſionné par l'impulſion de quelque fluide ſubtil, ou par une puiſſance inconnuë & non méchanique, qui accompagne toujours la matiére.*

11. SI toute la matiere qui eſt dans l'univers étoit renfermée dans deux balles ou ſphéres égales, placées à quelque diſtance l'une de l'autre, ces ſphéres ſeroient portées l'une vers l'autre avec une vîteſſe égale, de maniere qu'elles ſe rencontreroient au milieu de leur premiere diſtance. Mais ſi ces ſphéres étoient ſuppoſées avoir une proportion quelconque d'inégalité, elles ſe rencontreroient en un point qui ſeroit d'autant plus proche de la grande balle, que celle-ci ſeroit plus grande que l'autre.

12. LA raiſon pour laquelle nous ne nous appercevons pas de cette mutuelle attraction des corps, qui ſont tous les jours à notre portée, eſt que notre terre ayant infiniment plus de matiere que n'en ont ces corps, elle les attire avec tant de force, que leur tendance mutuelle les uns vers les autres devient inſenſible. C'eſt ce qui arrive à l'égard d'une pierre d'aiman & d'un morceau de fer. Lorſqu'ils tombent à une petite diſtance l'un de l'autre, ils ne paroiſſent pas ſe mouvoir l'un vers l'autre ; mais leur effet devient ſenſible, lorſqu'on les approche l'un de l'autre.

L'expérience ſuivante éclaircira ceci.

LEÇON I.

EXPÉRIENCE II. *Planche* 1. *Figure* 3.

Planche 1.
Figure 3.

PLACEZ sur la table T A B deux bales A, B, égales en poids & en volume, (par exemple de deux onces chacune) éloignées de deux pieds l'une de l'autre, & que le trou C soit éloigné de chacune d'un pied. Si la terre étoit anéantie ou éloignée à une distance infinie, ensorte que la table n'en fût pas attirée, les deux bales s'approcheroient l'une de l'autre, & se rencontreroient en C; mais la pesanteur, ou l'attraction de la terre, les pressant contre la table, elles restent en repos : Or pour vaincre cette pression, & faire ensorte qu'elles agissent comme si la terre étoit détruite, soit un fil d'environ 30 pouces de long, attaché à la bale A, qui passe par un trou bien poli dans la table, C, qui entre ensuite dans la poulie D, & se termine enfin à la bale B, où il est attaché. Soit un poids P de quatre onces suspendu au centre de la poulie D. Si vous laissez aller les deux bales en même-tems, elles iront l'une vers l'autre avec une égale vîtesse, & se rencontreront préciſément au-dessus du trou C.

13. SI au lieu de la bale A, on en substitue une autre, qui ne pese qu'une once, (soit qu'elle soit moindre que l'autre, ou aussi grande, mais creusée en dedans, ou d'un bois leger) & que cette bale A soit abandonnée à elle-même à la distance d'un pied, & la bale B plus pesante à la distance de six pouces du trou, (en suspendant trois onces à la poulie) elles se rencontreront encore au-dessus du trou, & la bale plus legere décrira un espace double de celui que l'autre parcourt.

14. DANS le premier cas, la quantité de matiere dans les deux bales, qui est de quatre onces, étant considerée comme divisée en deux, est cause que chaque bale de deux onces de chaque côté se meut vers le trou, & qu'elles parcourent par conséquent un espace égal dans le même tems.

15. DANS le second cas, la quantité de matiere, qui est de trois onces, étant partagée en deux, est cause que d'un côté la bale de deux onces se meut vers le trou C, & de l'autre celle d'une once se meut vers la premiere, & qu'elle se meut deux fois aussi vîte, parce qu'elle n'a que la moitié de la quantité de matiere, puisqu'elle pese la moitié moins. N.

N.B. *On peut ſuſpendre à la poulie un poids quelconque,* * *pourvû qu'il ne ſoit pas trop leger, parce qu'il ne ſert qu'à ſurmonter la peſanteur, qui preſſant les balles contre la table, les empêche de ſe mouvoir l'une vers l'autre, comme elles feroient, ſi la terre n'exiſtoit pas, ou ſi elle étoit écartée à une diſtance infinie.*

Planche 1. Figure 2.

* Note 10.

16. Si l'on ſuppoſoit que la balle B fût infiniment plus grande que la balle A, la vîteſſe de la balle A deviendroit alors infiniment plus grande que celle de la balle B, de ſorte que B reſteroit immobile, & A décriroit tout l'eſpace entre A & B; car toute la quantité de matiére qui appartient aux deux balles, ſeroit alors attribuée à la ſeule balle B, & A ſeroit regardé comme un point ſans aucune matiére ſenſible, & par conſéquent incapable de mouvoir la balle B par ſon attraction. Cela peut s'appliquer à la terre & à tous les corps qui l'environnent, puiſqu'à leur égard elle eſt comme immobile, pendant qu'ils ſe meuvent, comme autant de points phyſiques, dans des lignes décrites par leurs centres de gravité, lorſqu'ils tombent à terre, ſans avoir aucun égard à la quantité de matiére qu'ils contiennent, & par où ils attirent la terre à eux. De même auſſi comme le ſoleil contient preſque 230000 fois plus de matiére que la terre, on doit regarder celle-ci comme un point qui décrit une éllipſe autour du ſoleil, laquelle ſe nomme le *grand orbe*, pendant que le ſoleil qui attire la terre, eſt regardé comme immobile dans l'un des *foyers* de cette éllipſe: ou plûtôt on doit regarder la lune & la terre enſemble comme réduites à un ſeul point, qui eſt leur centre commun de gravité, & qui décrit l'orbite dont on vient de parler.

17. La terre par rapport aux corps qui l'environnent, le ſoleil par rapport aux planétes & aux cométes, & toutes les planétes par rapport à leurs ſatellites & aux autres corps qui les environnent, les attirent avec plus ou moins de force, ſelon que ces corps ſont plus proches ou plus éloignés; car la peſanteur étant une vertu * qui ſe répand depuis le corps attirant de tous les côtés en lignes droites, décroît de la même maniere que toutes les autres vertus qui viennent d'un centre, & qui s'étendent tout autour. Ainſi la lumiere & la chaleur deviennent plus foibles à meſure qu'on s'éloigne du corps lumineux ou du corps ardent. Cette diminution de vertu eſt en raiſon doublée réciproque de la diſtance; c'eſt-à-dire, qu'à une diſtance double, la vertu eſt

* Note 11.

LEÇON I. quatre fois plus foible, & à une distance triple, elle est neuf fois plus foible, &c. Ainsi par exemple si la terre étoit trois fois plus éloignée du soleil, elle en seroit neuf fois moins attirée, neuf fois moins éclairée, & neuf fois moins échauffée qu'elle ne l'est à present : De même si elle étoit quatre fois plus éloignée, elle seroit seize fois moins affectée de ces qualités. Et au contraire, si elle étoit trois ou quatre fois plus proche qu'elle ne l'est à present, elle en seroit neuf ou seize fois plus affectée.

CETTE proportion de l'augmentation ou diminution des qualités répandues de tous les côtés, peut s'éclaircir par l'Expérience suivante.

EXPÉRIENCE III. *Planche* 1. *Figure* 4.

Planche 3. Figure 4. * Note 12.

18. PRENEZ une chandelle si petite, que ses rayons, qui se répandent de tous les côtés, puissent en venir comme si c'étoit d'un seul point (mais si la chandelle est grande, il faudra faire passer sa lumiere par un petit trou dans une planche :) si l'on place ensuite sur une aiguille un cube * d'un pouce, comme A, éloigné d'un pied de la chandelle, son ombre couvrira la surface d'un cube B de deux pouces, si l'on tient celui-ci à la distance de deux pieds de la chandelle ; or cette derniere surface est quatre fois plus grande que celle du premier cube, comme on le voit en appliquant le premier cube sur le second. On voit par-là évidemment, que si le premier cube étoit deux fois aussi loin de la chandelle, il ne recevroit que la quatriéme partie de la lumiere, & qu'il n'en recevroit que la neuviéme partie, s'il étoit trois fois aussi loin ; parce que lorsqu'on le tient à trois pieds de la chandelle, son ombre couvre un cube de trois pouces, qui est trois fois aussi loin. Il en est de même des sphéres. Celle d'un pouce de diametre étant placée à un pied de distance de la chandelle, intercepte toute la lumiere qui tomberoit sur une sphére de deux pouces à deux pieds de distance, ou de trois pouces à trois pieds de distance de la chandelle, leurs surfaces étant comme 1, 4 & 9 en raison des quarrés de leurs diametres.

19. COMME il est plus aisé de lever de terre la plû-part des corps, que de les mettre en pieces, la force qui lie leurs parties est plus grande que celle de leur pesanteur. Nous appellerons cette force, *Attraction de cohésion*, sans en examiner la cause. Cette

attraction eſt plus forte, lorſque les parties des corps ſe touchent mutuellement; mais elle diminue plus vîte que la peſanteur, lorſque les parties des corps ne ſe touchent plus, & lorſqu'elles ſont à une diſtance ſenſible les unes des autres, cette attraction de cohéſion devient preſqu'inſenſible. LEÇON I. Planche 1. Figure 2.

CETTE attraction eſt toujours plus forte, lorſque l'attouchement eſt plus grand. Par exemple, ſi deux planches de ſapin ou de chêne ſont colées enſemble dans le milieu le long de la veine du bois, on les rompra plus aiſément partout ailleurs que dans l'endroit où elles ſont ainſi colées; parce qu'il y a plus de pores, & par conſéquent moins de parties qui ſe touchent dans toutes les autres parties du bois que dans l'endroit où les deux planches ſont colées enſemble; car lorſque le bord d'une planche eſt bien raboté, ou que les deux pieces de bois ſont bien polies, la cole remplit tous les vuides, & il arrive que les deux planches ſe touchent non-ſeulement dans les endroits où elles ſe touchoient auparavant, mais encore dans les interſtices où elles ne pouvoient pas ſe toucher; parce que la cole qui remplit ces petits eſpaces, tient la place du bois. Au contraire, lorſque le bois eſt plus ſolide, * ou qu'il a moins de pores que la cole, il n'eſt pas auſſi ferme dans l'endroit où il eſt colé, que dans les autres endroits; comme on le peut voir dans le bois de bréſil, dans l'ébéne ou *lignum-vitæ*, & dans les métaux. Les parties du verre, qui ſont preſque rondes, ne ſe touchant que dans un petit nombre de points, ſe ſéparent aiſément les unes des autres, & par conſéquent ſe briſent aiſément. Les fluides (dont les parties paroiſſent être ſphériques) n'ont preſque aucune cohéſion, excepté celle qui eſt néceſſaire pour former les goutes, dont la rondeur prouve clairement l'attraction de cohéſion: car ſi cette rondeur dépendoit de la preſſion de l'air, les goutes ne ſeroient pas rondes dans le vuide, & ſi elles dépendoient de la preſſion extérieure d'un autre fluide quelconque, deux goutes ne pourroient jamais ſe réunir, & en former une ſeule, parce que la figure d'une portion d'un fluide, * preſſée de tous côtés par le même fluide, ou par un autre, ne ſçauroit être alterée par cette preſſion; au lieu que par l'attraction mutuelle des petits globules * qui compoſent la goute, elle doit devenir ronde, & elle doit perſéverer dans cet état, parce que toutes ſes parties ſont alors dans l'attouchement le plus intime qu'elles puiſſent avoir. Il eſt vrai qu'une goute d'eau, ou de toute autre liqueur, s'aplatit dès qu'elle touche une table ou toute autre ſurface plane,

* Note 13.

* Note 14.

* Note 15.

LEÇON I. qui ne la repouſſe pas ; ce qui vient de l'attraction de la table, & de la peſanteur de la goute, ſi la table eſt horizontale.

ON verra plus clairement par l'Expérience ſuivante, combien un attouchement plus intime augmente cette attraction.

EXPÉRIENCE IV. *Planche* I. *Figure* 5.

Planche I. Figure 5. * Note 16.

20. AYANT mouillé ou barbouillé légérement avec de l'huile d'oranges * deux verres plans ABCD (de 18 pouces de long & de trois ou quatre pouces de large) on les placera l'un ſur l'autre horizontalement dans le chaſſis de bois HJLM, & l'on mettra auparavant une goute de la même huile ſur le plan inférieur en G, avec une piece mince ou une monnoye ſur le même plan entre D & C, afin que le plan ſupérieur ne le touche pas dans cette extrémité, pendant que les autres extrémités AB ſe touchent parfaitement. La goute étant aſſez grande pour toucher le plan ſupérieur, s'applatira d'abord, & s'approchera des extrémités qui ſe touchent; ſon diametre augmentera continuellement, comme en Q & R, & elle ira plus vîte à meſure qu'elle s'étendra. Lors même qu'on éleve les plans dans l'endroit où ils ſe touchent par le moyen du ſoutien ON, la goute continue de s'avancer vers les extrémités qui ſe touchent, mais non pas auſſi vîte : Lorſque la goute eſt en G, la moindre élevation des plans la retarde; ſi on les éleve un peu plus, elle s'arrête; ſi on les éleve encore plus, la peſanteur de la goute agit plus fortement que l'attraction des plans, & fait deſcendre la goute en bas vers CD. Lorſque la goute eſt en Q, il faut pour l'arrêter, donner au plan beaucoup plus d'élevation, & à plus forte raiſon pour la faire deſcendre. Il faut encore plus d'élevation, lorſqu'elle eſt en R. Lorſque les plans ſont aſſez élevés pour faire tomber la goute, ſi l'on preſſe avec le doigt le plan ſupérieur un peu au-deſſus de cette goute, pour le faire approcher du plan inférieur, non-ſeulement la goute s'arrête, & ne tombe plus, mais elle ſe meut vers le haut; parce qu'elle s'étend davantage par cette preſſion, & qu'elle touche un ſi grand nombre de parties des verres, que même dans cette élevation des plans, leur attraction ſurmonte la peſanteur de la goute. Ce qui la fait mouvoir au commencement vers AB, c'eſt la plus grande attraction des plans en *e* où ils ſont plus près l'un de l'autre, qu'ils ne le ſont en *f*. La vîteſſe de la goute augmente, pendant qu'elle s'approche de AB, parce que * l'attraction devient toujours plus grande à meſure que les plans ſont plus proches l'un de l'autre.

* Note 17.

ON verra dans les expériences suivantes plusieurs autres circonstances de l'attraction de cohésion. LEÇ. I.

EXPÉRIENCE V. *Planche* 1. *Figure* 6.

21. SI l'on arrête dans un morceau de bois ou de liége CC, plusieurs petits tuyaux de verre, dont les diametres différent tous les uns des autres, (le plus grand n'étant que d'environ $\frac{1}{7}$ d'un pouce) & si l'on plonge les extrêmités de ces tuyaux dans quelque liqueur teinte, qui s'attache au verre, comme dans de l'eau rouge, la liqueur s'élevera d'elle-même dans tous ces tuyaux, mais toujours plus haut dans ceux qui ont moins de diamettre; comme on verra dans les tuyaux 1, 2, 3, 4, 5, lorsqu'on les aura plongés dans l'eau rouge du vaisseau AB. Planche 1. Figure 6.

DANS les tuyaux capillaires très-petits, la liqueur s'éleve fort haut, mais alors la couleur devient imperceptible. Pour rendre visible la liqueur dans un pareil cas, il faut se piquer le doigt pour en faire sortir une goute de sang, & appliquer le doigt au petit tuyau; le sang montera fort vîte, & il sera visible dans le tuyau, quoiqu'il soit aussi petit qu'un cheveu. *Voyez Planche* 2. *Figure* 1.

TOUT corps poreux produit le même effet que les tuyaux capillaires; c'est ainsi que l'eau monte dans un morceau de pain ou de sucre, dont le bas est plongé dans une liqueur. Elle monte cependant plus haut dans le sucre, parce que ses interstices sont plus petits que ceux du pain.

EXPÉRIENCE VI. *Planche* 2. *Figure* 2.

22. PRENEZ deux plans quarrés de verre ABCD, & les ayant mouillés avec de l'eau, vous les placerez perpendiculairement dans un vaisseau plein de la même eau, en pressant les côtés AB l'un contre l'autre, & laissant les deux opposés CD entr'ouverts, par le moyen d'une platine mince que vous mettrez entre deux. L'eau s'élevera entre les deux plans, & prendra la courbure *efg*. Vous verrez que le fluide monte toujours plus dans les endroits où les plans sont plus proches, surtout vers AB, précisément de la même maniére que dans les plus petits tuyaux de verre. Planche 2. Figure 2.

SI l'on fait ces expériences dans le vuide, on verra qu'aucun de ces phénoménes ne vient de la pression de l'air. On peut aisé-

LEÇON I. ment les faire dans le vuide par le moyen du fil de fer W (*Planche 1. Figure 2.*) qui peut monter & descendre dans le collier de cuir, sans introduire l'air extérieur dans le récipient, & faire monter ou descendre les plans ou les tuyaux qui sont attachés à ce fil de fer. *On donnera dans la suite la maniére de faire cette expérience.*

Planche 2. Figure 2.

EXPÉRIENCE VII. *Planche 2. Figure 3.*

Planche 2. Figure 3.

23. DANS un verre bien net qui n'est pas plein, l'eau & les différentes liqueurs seront plus élevées en A & B où elles touchent le verre, que dans le milieu ; mais cette élevation n'est guéres sensible que vers les côtés, parce que l'attraction de cohésion ne s'étend qu'à une petite distance. L'argent vif fait tout le contraire en pareil cas, & dans les petits tuyaux, il ne s'éleve pas autant que le reste de l'argent vif qui est dans le vaisseau où les tuyaux sont plongés. La raison de ces phénoménes * est, que l'eau & les autres liqueurs sont attirées par le verre plus qu'elles ne le sont par elles-mêmes ; au lieu que l'argent vif attire plus fortement l'argent vif, que le verre ne l'attire. *

* Note 18.

* Note 19.

EXPÉRIENCE VIII. *Planche 2. Figure 4.*

Planche 2. Figure 4.

SOIT AB un vaisseau de verre cylindrique plein d'argent vif jusqu'à la ligne AB, la surface de l'argent vif sera plus basse en A & B, côtés du verre, qu'au milieu où elle est convexe. Si l'on presse contre le fond du verre un tuyau d'un petit diametre DE (pour rendre l'expérience sensible) ; lorsque son ouverture inférieure sera presqu'au fond du verre, le mercure ne s'élevera pas dans ce tuyau plus haut que F au-dessous de la surface AB du mercure qui est dans le vaisseau. Mais pour éviter toutes les chicanes que l'on peut faire, en supposant qu'il y a dans le tube quelque chose qui arrête le mercure, on fera l'expérience en cette maniére.

SOIT le tube entiérement plein de mercure (& qu'on le conserve plein en fermant avec le doigt l'ouverture supérieure D.) Plongez-le dans un vaisseau dont le fond est un peu convexe aussi bas que le point E. Si vous retirez le doigt de l'ouverture supérieure, le mercure descendra dans le tube au-dessous de la surface F, ensuite il s'élevera au-dessus, & après quelques vibrations, il se fixera en F, qui est le point où il s'étoit élevé la premiére fois.

EXPÉRIENCE IX. *Planche 2. Figure 5.*

24. VERSEZ doucement environ une livre d'argent vif dans la jarre cylindrique A B, d'environ 5 pouces de diametre, & de $1\frac{1}{2}$ de profondeur, il reſtera au fond une partie circulaire comme C C, qui ne ſera pas couverte. Si l'on ſecouë enſuite la jarre, pour réunir tout l'argent vif, tout le fond en ſera couvert. Mais ſi ſans aucune ſecouſſe, on continue d'y verſer une plus grande quantité de mercure, on pourra y en faire entrer encore une ou deux livres, avant que le fond ſoit entierement couvert, le creux C C devenant toujours plus petit, mais plus profond. Et ſi alors on agite le mercure afin qu'il couvre tout le fond, & que le creux diſparoiſſe, on n'aura qu'à preſſer le fond avec le doigt à travers le mercure, & en le retirant il y reſtera un creux comme auparavant. Le mercure reſtera convexe tout autour de ce creux, comme on le voit dans la ſection verticale du verre & de l'argent vif, de la figure 5 inférieure, *Planche 2.* Planche 2. Figure 5.

EXPÉRIENCE X. *Planche 2. Figure 6.*

25. AYANT verſé dans ce verre encore plus de mercure juſqu'à ce qu'il ne reſte point de creux, on y fera nager ſur la ſurface du mercure un morceau de fil de fer C C d'environ deux ou trois pouces de long, & de $\frac{1}{20}$ d'un pouce d'épaiſſeur. Planche 2. Figure 6.

CE fil ſurnagera & formera une dent comme en D; ce qui vient de ce que le mercure s'attire lui-même plus fortement qu'il n'attire le fer. Ainſi dans le cas de la *Figure 5*, il eſt moins attiré par le verre que par lui-même, & delà vient qu'il forme un creux: mais lorſqu'une fois les côtés du creux de mercure C C ſont parvenus à ſe toucher, ils ne ſe ſéparent plus de nouveau.

EXPÉRIENCE XI. *Planche 2. Figure 7.*

26. SI *m m* repréſente la ſurface du mercure, & que le fil de fer qui nage au-deſſus ſoit preſſé juſqu'au fond (où ſa coupe eſt repréſentée par D) les côtés du mercure *b c a* qui vont ſous le fil de fer & le touchent de fort près en *c*, ne reſteront plus dans la même place, mais ils ſeront attirés vers *d d* par le reſte du mercure, de maniére qu'ils laiſſeront les eſpaces *b c a* ſans aucun mercure; Planche 2. Figure 7.

LEÇON I. comme on le voit dans la section du verre, du fil & du mercure; (*Figure* 8.) La vérité de ce fait paroît évidemment lorsqu'on regarde de bas en haut en-dessous du verre, *Figure* 8. Car le fil ou les fils de fer (s'il y en a plusieurs), deviennent visibles à travers le fond du verre, ce qui n'arriveroit pas si le mercure étoit au-dessous ; parce qu'un cylindre ne peut toucher un plan que dans une ligne invisible. Et une nouvelle preuve de ceci, c'est que les fils de fer, quoique spécifiquement plus légers que le mercure, restent au fond, n'étant pressés que vers le bas par la colomne de mercure qui est au-dessus ; ce qui n'arriveroit pas si le mercure pouvoit s'insinuer en-dessous.

Planche 2. Figure 8.

27. Si l'on fait cette expérience avec un fil d'argent de la même grosseur que le fil de fer, lorsqu'on le fera surnager, le mercure s'élevera tout-autour comme en *a a*, *Figure* 9, & ce fil ne restera pas au fond du verre, quoiqu'on le pousse en bas, mais il remontera toujours. Il ne devient aussi jamais visible au fond du verre, quoiqu'on le presse en bas avec le doigt; pas même lorsqu'on voit le doigt des deux côtés du fil. Cela vient de ce que l'argent attire plus le mercure, que le mercure ne s'attire lui-même ; mais pour faire voir que cette attraction n'est forte que dans le contact ou dans une grande proximité, faites ensorte que le fil d'argent se salisse un peu en le jettant dans le feu, & alors il en sera de ce fil comme du fil de fer ; parce que l'attraction de cohésion est insensible à la distance de l'épaisseur de cette petite peau qui couvre alors l'argent.

28. Il est évident par la soudure du plomb ou du cuivre qui se fait avec un mélange de plomb & d'étain, & qu'on nomme soudure douce, qu'il faut un grand attouchement pour bien lier les corps les uns avec les autres. Car si ces métaux ne sont pas bien nétoyés, ils ne peuvent jamais se souder parfaitement. Et dans le plomb, lorsque les parties qui doivent être jointes ensemble se sont salies, en les frottant avec de la craye, & ensuite avec de la mauve ou avec quelqu'autre herbe, ce qui leur donne une peau mince, l'Ouvrier ratisse & nétoye les deux côtés qui doivent être joints ensemble, afin que la soudure puisse mieux se joindre au métal ; & lorsqu'il a versé sa soudure brulante avec sa cuillere, il l'étend avec son fer, & elle tient fortement dans tous les endroits où le métal a été bien nettoyé ; mais elle ne tient nullement dans

les

les endroits où il reſte encore une peau formée par la craye & par le ſuc de mauve. On a obſervé que l'air ſeul eſt capable de ternir le métal, ou de former une peau ſur la partie du plomb qui a été ratiſſée, & c'eſt pour cela qu'on la frotte communément avec de la graiſſe ou du ſuif après qu'on l'a ratiſſée. Car les parties de toutes les ſubſtances graſſes ou inflammables étant beaucoup plus fines que celles de l'air, font cauſe que la ſoudure s'attache plus fortement au plomb que ne feroit la pellicule d'air, ou ce qui ſe ſépare de l'air pour couvrir le plomb.

LEÇON I.

Planche 2. Figure 7.

Si l'on coupe avec un couteau deux balles de plomb d'environ un pouce de diametre, de maniére qu'on en ſépare un ſegment d'environ $\frac{1}{4}$ de pouce de hauteur, & qu'on les preſſe enſemble fortement (en leur donnant un peu d'entortillement) ces deux ſegmens s'attacheront avec une grande force, juſqu'à ſoutenir quelquefois au-deſſus de 100 livres. Voyez le 6e volume de l'Abregé des *Tranſactions Philoſophiques*, par Mrs *Reid* & *Gray*, Partie 2, pages 2 & 3.

29. On ne ſçait pas encore bien en quelle proportion de diſtance cette attraction de cohéſion croît ou décroît; mais on a lieu de conclure de certains phénoménes, qu'elle décroît en raiſon biquadratique de la diſtance; c'eſt-à-dire, qu'à une diſtance double, elle agit 16 fois plus foiblement, & à une diſtance triple 81 fois, &c. car elle devient inſenſible à la moindre diſtance ſenſible.

30. Il y a dans la nature une autre ſorte d'attraction, qui n'eſt pas auſſi forte que celle de cohéſion, mais qui eſt plus forte que la peſanteur. Elle décroît à fort peu près comme le cube & un quart de la diſtance.* Et c'eſt l'attraction magnétique. Par exemple, ſi une pierre d'aiman attire un morceau de fer à une certaine diſtance, l'attraction ſera 10 fois plus foible au double de cette diſtance, & $33\frac{3}{4}$ fois plus foible au triple de la même diſtance. Mais comme le magnétiſme eſt une vertu particuliére qui n'affecte que les pierres d'aiman, le fer & l'acier, nous en parlerons plus au long dans une autre occaſion; parce que nous n'examinons ici que les proprietés générales des corps. Nous remarquerons ſeulement que la pierre d'aiman repouſſe autant qu'elle attire: car le pole d'une pierre qui attire une extrêmité d'une aiguille aimantée, repouſſe l'autre extrémité.

* Note 29.

LEÇON I.

31. IL y a dans la nature plusieurs autres exemples d'une puissance répulsive dans les corps *, & très-souvent les mêmes corps qui s'attirent mutuellement à certaines distances & dans certaines circonstances, se repoussent mutuellement à différentes distances & dans d'autres circonstances.

Planche 2. Figure 7.

* Note 21.

On peut voir cela dans la dissolution qui se fait des sels dans l'eau. Il paroît que les parties des sels s'attirent mutuellement, puisqu'il s'en fait des blocs assez durs, lorsque l'eau s'est évaporée, en sorte que leurs particules s'approchent assez les unes des autres pour être entraînées par la force de l'attraction. Il paroît aussi qu'elles se repoussent mutuellement à de plus grandes distances, puisqu'elles forment des figures régulieres, lorsque par l'évaporation d'une partie du fluide où elles flottent, elles se trouvent dans la sphére d'attraction mutuelle ; car ces figures réguliéres dépendent entiérement de l'égalité de leurs distances les unes des autres avant cette évaporation, & cette égalité de distance vient d'une égalité de force répulsive.

32. La force répulsive se prouve aussi par la production de l'air & des vapeurs ; car on voit que les particules qui sont forcées par la chaleur & la fermentation à sortir des corps, s'en écartent d'abord après qu'elles sont sorties de la sphére d'attraction de ces corps, & qu'elles se séparent les unes des autres avec une grande force, évitant de se réunir, jusqu'à occuper quelquefois un espace qui est un million de fois plus grand que celui qu'elles occupoient auparavant dans un corps dense.

33. On voit évidemment dans plusieurs expériences électriques l'attraction & la répulsion dans le même corps à des distances considérables.

Si l'on frotte un morceau d'ambre avec une main séche ou avec du drap, il mettra en mouvement les fils, les plumes & les corps legers à certaine distance, & c'est pour cela qu'on a donné le nom d'*Electricité*, à cette force attractive & répulsive qui est excitée dans tout autre corps par le même frottement qui la produit dans l'ambre. La cire, la résine, le soufre, la soye, le papier, les rubans, les cheveux, les plumes & plusieurs autres corps ont cette proprieté : mais le verre a plus d'électricité qu'aucun autre corps.

EXPÉRIENCE XII. *Planche 2. Figure 10.*

34. PRENEZ un tuyau de verre d'environ 1 ½ pouce de diamétre, & le frottant d'un bout à l'autre avec la main bien séche très-fortement, il attirera une plume, ou tout autre corps leger à une distance considérable de huit à dix pieds. Après que la plume a été attirée & attachée au tuyau pendant quelque tems, elle s'en détache d'elle-même, & ne revient plus au tuyau (qui repousse constamment la plume dans l'air, quelque proche qu'elle soit) jusqu'à ce qu'elle ait touché quelque autre corps, comme le doigt ou un bâton. Et si l'on tient le doigt fort près du tube, la plume ira alternativement du doigt au tube & du tube au doigt, étendant toujours ses fibres du côté où elle va. *En conduisant la plume avec le tube autour de la chambre, on doit frotter le tube de tems en tems pour exciter de nouveau l'Electricité, qui devient toujours plus foible, après le frottement.*

Planche 2. Figure 10.

EXPÉRIENCE XIII. *Planche 2. Figure 11.*

35. SI l'on met plusieurs petits morceaux de feuilles d'or ou de cuivre sur un guéridon ou sur une petite table, & qu'on leur presente le tube frotté à la distance en dessus d'un ou deux pieds, les morceaux de feuilles d'or s'éleveront de la table au tube avec beaucoup de vîtesse, & souvent par l'attraction & la répulsion, ils iront en avant & en arriére sans toucher le tube ni la table. Mais si l'on place deux livres ou deux morceaux de bois de la même grandeur sur la table de chaque côté de la feüille d'or, comme en A & B, (*Planche 2. Figure 12.*) en sorte que leur distance A B soit égale à la hauteur de l'un des deux, alors le tube étant placé entre leurs deux sommets, comme en D, n'aura aucune force pour mouvoir la feüille d'or, quoiqu'elle ne soit qu'à six pouces de distance, & quoiqu'il l'eût attirée auparavant à la distance d'un ou deux pieds; mais si l'on éloigne les piéces de bois sans donner un nouveau frottement au tube, il attirera & repoussera la feüille d'or comme auparavant. Lorsque les morceaux de bois restent en place, le tube ne peut pas mettre la feüille d'or en mouvement, tant que la distance D C du tube à la feüille d'or, est moindre que la moitié de la distance A B des piéces de bois: comme si cet effet ne pouvoit pas être produit pendant que la

Planche 2. Figure 11.

LEÇON I. sphére d'attraction répréſentée par le cercle ECF (dont le centre eſt au milieu de la coupe du tube en D) eſt détournée par les piéces A & B.

Planche 2. Figure 12.

EXPÉRIENCE XIV. *Planche* 2. *Figure* 13.

Planche 2. Figure 13.

36. ON peut connoître ſi le tube a été aſſez frotté pour réuſſir dans l'expérience ; il faut pour cela mouvoir promptement vos doigts contre le tube, comme ſi vous vouliez le frapper dans une direction perpendiculaire à ſon axe, mais il faut qu'ils ne s'approchent du tube que d'un quart de pouce : alors les écoulemens ou parties ſubtiles qui ſortent du tube viendront frapper le doigt, ou en revenant du doigt au tube, ils le frapperont par derriére, de maniere que vous entendrez un bruit ſemblable au pétillement d'une feüille verte que l'on jette au feu, mais non pas auſſi fort. Il faut plus ou moins frotter le tube, ſelon la diſpoſition de l'air. Lorſque le tems eſt chaud & humide, il faut beaucoup frotter le tube, avant qu'il s'électriſe, qu'il attire & qu'il repouſſe avec beaucoup de force, & alors ſa vertu ne s'étend pas fort loin : de ſorte que le même tube, qui dans un tems froid & ſec donne du mouvement aux fibres d'une plume à la diſtance de huit ou dix pieds, n'aura que très-peu d'action à la diſtance de deux pieds lorſqu'il pleut en hyver. Si l'on fait chauffer au feu le tube ſans le frotter, il n'aura point d'effet ; il aura auſſi moins d'électricité ſi on le frotte aſſez long-tems pour le rendre trop chaud, & alors il faut le laiſſer refroidir avant que de s'en ſervir.

Il ne faut pas oublier de préſenter au feu le tube ou le verre avant que de s'en ſervir, ſur-tout s'il eſt fort épais, pourvû qu'on ne l'échauffe pas trop.

37. IL eſt à remarquer, que ſi l'on frotte le tube dans l'obſcurité, ſes écoulemens paroîtront lumineux, & ſi on le fait pétiller (comme dans la Figure 13. de la *Planche* 2.) il paroîtra une lumiére à l'extrémité des doigts comme en A. Si l'on tient une petite broſſe auprès du tube, comme en B, ou ſi on la conduit le long du tube ſans le toucher, d'abord qu'il a été frotté, il paroîtra ſur chaque poil de la broſſe des bluettes de lumiére comme des étoiles : mais la même partie du tube ne donnera pas deux fois du bruit ou de la lumiére dans le même endroit, * ſans un nouveau frottement.

* Note 22.

EXPÉRIENCE XV. *Planche 2. Figure 14.*

38. SI l'on préſente le tube frotté à une petite diſtance d'un duvet attaché à la partie ſupérieure d'un petit bâton placé ſur un pied, le duvet étendra ſes fibres vers le tube; mais ſi l'on en approche le doigt entre le tube & le duvet, les fibres ſeront repouſſées par le doigt, & elles en ſeront de nouveau attirées lorſqu'on aura éloigné le tube. Enſuite ces fibres retomberont en arriére vers le bâton, & en ſeront attirées, lorſqu'on aura retiré le doigt. Planche 2. Figure 14.

EXPERIENCE XVI. *Planche 2. Figure 15.*

39. SI l'on place un récipient de verre, d'environ cinq pouces de large & de vingt pouces de hauteur, au-deſſus du bâton & du duvet, ayant auparavant fait ſécher le récipient au feu ou au ſoleil : ſi l'on frotte ce verre de haut en bas avec une main ou avec les deux mains, le duvet étendra ſes fibres de tous les côtés comme les rayons d'une ſphére, lorſqu'on retirera la main du récipient. Mais ſi pendant que l'on frotte le récipient, ou après l'avoir frotté, on fait ſeulement mouvoir la main en haut & en bas, les fibres du duvet (malgré l'interpoſition du verre) ſuivront le mouvement de la main. Et ſi l'on frotte le tube à un ou deux pieds, le duvet qui eſt dans le récipient ſuivra de même le mouvement de la main qui frotte le tube. Lorſque l'Electricité du tube a été excitée par le frottement, ſi on le porte auprès du recipient en-dehors, le duvet étendra ſes fibres vers le tube, & lorſqu'on éloignera le tube, le duvet retombera ſur le bâton ; ce dernier phénoméne arrive pourtant quelquefois à l'approche du tube, & les fibres s'étendent de nouveau, lorſqu'on a retiré le tube. Il paroît même quelquefois qu'il y a des accès d'attraction & de répulſion ; car pendant qu'on tient le tube auprès du récipient en dedans, les fibres du duvet s'étendent & ſe reſſerrent alternativement ſans aucun nouveau frottement de part ni d'autre. Planche 2. Figure 15.

40. SI d'abord après que le récipient a été frotté, on ſouffle vers le duvet (Voyez la *Figure* 15. *Planche* 2.) ſes fibres ſuivront le mouvement du ſouffle, & elles s'écarteront auſſi de la main pouſſée avec vîteſſe vers le verre, même ſans qu'elle le touche ;

UNIVERSITARIA BIBLIOTECA SEVILLA

LEÇON I. mais l'expérience ne réuſſira pas une ſeconde fois ſi l'on ne frotte pas de nouveau le récipient.

Planche 2.

Figure 15. 41. LA plûpart de ces expériences & peut-être toutes, réuſſiſſent également lorſqu'on a pompé l'air du récipient : il y a ſeulement cette différence, qu'en le frottant dans le vuide, il ſe forme une lumiére de couleur de pourpre, qui eſt beaucoup plus abondante, & qui eſt toute renfermée dans le verre : & au lieu que les corps étoient auparavant attirés, lorſqu'on les tenoit en-dehors auprès du verre, cette attraction ne paroît plus, & elle n'agit qu'en dedans. Il en eſt de même du tube lorſqu'on en a tiré l'air, auſſi-bien que d'un globe de verre que l'on fait tourner par le moyen d'une rouë, * & que l'on frotte ainſi avec la main, tel qu'il eſt décrit plus au long par feu M. *Hawksbée* dans ſon Livre d'Expériences, où il a donné un grand détail d'un grand nombre d'Expériences électriques qu'il a faïtes.

* Note 23.

42. JE ne m'étendrai pas davantage ſur ce ſujet quant à preſent, parce que j'aurai occaſion de le traiter plus à fond dans un autre endroit de ce Cours, & que le but de cette Leçon, n'eſt que de faire voir, que les proprietés des corps, comme la peſanteur, les attractions & les répulſions, qui ſeront dans la ſuite employées à expliquer différens phénoménes, ne ſont pas des qualités occultes ou des vertus ſuppoſées, mais qu'elles exiſtent réellement, & que les Expériences & Obſervations les rendent ſenſibles à nos ſens. Ces proprietés produiſent des effets, & ſuivent des Loix fixes, agiſſant toujours de la même maniére dans les mêmes circonſtances ; & quoique les cauſes de ces principes * ne ſoient pas connuës, puiſque nous ne prétendons pas donner aucune raiſon de ces cauſes ſecretes, il eſt clair que nous rejettons les qualités occultes, bien-loin de les admettre dans notre Philoſophie, comme les Cartéſiens nous le reprochent ſans ceſſe.

* Note 24.

NOTES SUR LA PREMIERE LEÇON.

1. [Art. 3 — *Mais toute la varieté, &c.*]

NOTES sur la Ire. Leçon.

SI l'on regarde les briques qui compoſent un bâtiment, comme en étant les parties les plus petites, on trouvera que quelque ſemblables qu'elles ſoient entr'elles, leur différente diſpoſition doit produire dans l'édifice, des parties très-différentes : Une voûte, une muraille, une cheminée, un trumeau, une colonne quarrée ou ronde, un globe ou un cube ſont compoſés de la même eſpéce de briques ; & celles qui ſervent à une partie, pourront aiſément ſervir à une autre. Ainſi dans le merveilleux édifice de l'univers, il n'eſt pas néceſſaire qu'il y ait quelque différence entre les atômes ou particules primitives qui en compoſent les parties différentes ; les mêmes atômes étant auſſi propres à produire la terre que la mer, à former de l'or qu'à former de l'argile : & lorſqu'on ne fait pas attention à l'ame qui eſt unie à la matiere, on voit que la diſpoſition particuliére des premiers atômes fait toute la différence qui ſe trouve entre un bloc inanimé & le corps de l'animal le mieux organiſé.

On peut apporter un grand nombre d'exemples de la matiére de différens corps, dont la varieté ne dépend que de l'arrangement différent & de la poſition de leurs parties.

Lorſque l'eau des rivieres, de la mer & des lacs, eſt rarefiée par la chaleur du ſoleil juſqu'à devenir ſpécifiquement plus légere que l'air (ce qui arrive, lorſqu'elle occupe environ 900 fois autant d'eſpace dans la vapeur qu'elle en occupoit dans l'eau) elle s'éleve aſſez haut pour former des nuages de différentes couleurs, qui flottent à la hauteur à peu près, où l'air eſt de la même péſanteur ſpécifique que les nuages.

Lorſque les vents en entraînant une partie de l'air ſupérieur, ſont cauſe que celui qui eſt en-deſſous s'étend & devient plus leger, les nuages conſervant la même péſanteur ſpécifique qu'ils avoient auparavant, ſont forcés de deſcendre ; & la réſiſtance qu'ils trouvent dans leur chûte les fait changer en pluye : cette pluye tombant ſur la terre, ſe précipite preſque toute dans les rivieres & dans la mer, & le reſte entre dans la terre, & eſt imbibé par la ſemence des plantes. Si l'on conſidére l'eau de pluye qui entre dans les grains de bled qui ont été ſemés, on voit qu'elle ſe change en feüilles vertes, en pailles, en épis & enſuite en grains. Le grain étant moulu devient farine ; la farine devient pâte, enſuite étant cuite au four, elle prend de la croûte & ſe change en pain. La partie nourriſſante du pain (après que l'homme l'a mangée, & qu'elle a paſſé dans l'eſtomach) ſort des inteſtins pour entrer par les veines lactées dans le receptable du chyle, & de-là par le conduit thorachique dans la veine ſouſclavaire gauche, ou (comme un Anatomiſte * ingénieux l'a découvert depuis peu) dans la veine jugulaire gauche intérieure. Là ſe mêlant avec le ſang, elle ſe porte dans le cœur & dans les poûmons, où l'air lui communique ſes particules vivifiantes, & revenant au

* M. de Sainte André.

NOTES sur la Ire. Leçon.

cœur, elle eſt portée aux extrémités du corps par l'action du ventricule droite du cœur & par celle des artéres. Une partie de ce nouveau ſang continuë à circuler, & une autre ſe change en la ſubſtance des os, une autre en membranes, une autre en poils, en cheveux & en ongles ; & le reſte traverſant les glandes, ſe change en ſueur, & redevient eau comme auparavant.

Si l'on conſidére les goutes d'eau qui s'imbibent dans la ſemence du lin, on les verra devenir la tige de la plante ; de-là ſe forme la filaſſe, de la filaſſe on fait le fil, du fil on forme le linge ; les chiffons du linge battus par l'action de l'eau dans les Papeteries forment une pâte blanche, d'où l'on tire le papier que l'on étend ſur des reſeaux de fil de fer ; & enfin la fumée qui s'exhale du papier brûlé, ſe réduit aiſément en eau, & reprend ſa premiere forme.

Les ſolides deviennent fluides, comme les métaux par l'action du feu ou par leurs diſſolutions dans des menſtrues acides ; & les fluides deviennent ſolides, comme le mercure qui ſe durcit par les vapeurs du plomb : & deux liqueurs chymiques en ſe mêlant enſemble, forment ſubitement un corps ſolide.

Les avantages que l'on tire des machines & des inſtrumens, ne viennent que de leur figure particuliére. Les horloges, les moulins & autres machines n'ont de valeur qu'autant que leurs parties deſtinées à communiquer le mouvement ont la configuration qui leur eſt propre.

La même eſpéce de verre produit une grande varieté d'effets, ſelon la différente figure que l'on donne à ſa ſurface, comme le ſçavent fort bien tous ceux qui ont vû des verres & miroirs d'optique.

La différence des ſaiſons qui fait tant de changemens ſur la ſurface de la terre, & même dans les corps des animaux, ne vient uniquement que de la ſituation différente des parties de la terre par rapport au ſoleil.

Ceux qui veulent avoir de plus grands éclairciſſemens ſur cette matiére, peuvent conſulter l'*Introduction à la vraye Phyſique* du Docteur *Jean Keill*, Edition 3. Leçon 7.

Note 2. [4 — *Si le mercure réſiſte, &c.*] Le mercure peſe 13 $\frac{2}{3}$ fois plus que l'eau, & l'on trouve qu'il réſiſte préciſément 13 $\frac{2}{3}$ fois plus. On trouve auſſi que l'eau qui peſe 8 & 9 cent fois plus que l'air, réſiſte préciſément autant. C'eſt ce que *Newton* a trouvé par les Expériences qu'il a faites avec un pendule de bois & de plomb dans l'air, un pendule de plomb dans l'eau & de fer dans le mercure. Voyez ſes *Principes*, Edition 2. *Livre* 2. *Prop.* 31. *& Prop.* 40. où il démontre que la réſiſtance des fluides eſt en raiſon de leur quantité de matiére.

J'ai fait, il y a environ deux ans, une expérience en préſence de la *Societé Royale* ſur une balle d'or d'un pouce de diamétre, laquelle étant ſuſpendue par un fil, fut miſe en mouvement dans l'eau, & enſuite dans le mercure : on trouva que 42 vibrations dans l'eau détruiſoient autant de parties du mouvement du pendule d'or que trois vibrations dans l'argent vif. Faiſant enſuite tomber la balle d'or dans un tuyau de cuivre de quatre pieds de longueur & de 4 $\frac{1}{2}$ pouces de diamétre, plein de mercure (de la hauteur de trois pieds dix pouces) & ayant bien obſervé le tems de ſa chûte, nous

trouvâmes

trouvâmes par la comparaiſon de pluſieurs expériences, que la réſiſtance du milieu (trouvée par la méthode preſcrite dans la *Prop.* 40. des *Prin[illegible]*) s'accordoit tellement avec la Théorie de *Newton*, qu'elle ne différoit que de la dixiéme partie d'un pouce dans l'eſpace parcouru par la balle, qui étoit de 3 pieds 10 pouces.

NOTES ſur la Ire. Leçon.

N. 3. [4 — *Et s'il y a un milieu encore plus ſubtil que la lumiere, &c.*] Voyez l'Optique de *Newton*, 2e Edition, Livre 3e, Queſtions 18, 19, 20 & 21.

N. 4. [5 — *Que la quantité, &c. eſt diviſible* à l'infini, &c.] PARMI les différentes démonſtrations que l'on a données pour prouver cette aſſertion, je ne choiſirai que les deux ſuivantes qui ſont fort claires & fort ſimples. La premiere eſt tirée de l'Introduction à la Philoſophie de *Newton* par le Docteur *s'Graveſande*, Partie Ire, n°. 18.

Planche 3. Figure 1.

Soit une ligne AB perpendiculaire à BF, & une autre GH à une petite diſtance de A, qui ſoit auſſi perpendiculaire à la même ligne. Des différens centres C, C, C, &c. avec les diſtancees CA, CA, &c. décrivez des cercles qui coupent la ligne GH aux points *e*, *e*, &c. plus le rayon AC ſera grand, & plus la partie *e* G ſera petite, & puiſqu'on peut augmenter à l'infini le rayon AC, on peut le réduire à rien, parce que le cercle ne ſçauroit ſe confondre avec la ligne droite BF. Planche 3. Figure 1.

La démonſtration ſuivante eſt tirée de l'*Introduction à la vraye Phyſique* du Docteur Jean Keill, Leçon 3. *De magnitudinum diviſibilitate.*

Soit AB (*Planche* 3. *Figure* 2.) une perpendiculaire entre les paralléles CD, EF du point C pris ſur l'une des paralléles : menez la ligne CG à un autre point G ſur l'autre paralléle, de l'autre côté de la perpendiculaire AB; elle diviſera cette perpendiculaire en deux parties en K. une autre ligne menée de C en H diviſera la partie KA (de AB) en deux parties; & puiſque ſur la ligne EF que l'on peut prolonger à l'infini, on peut prendre d'autres points comme J, &c. on peut toujours mener de nouvelles lignes qui diviſeront ce qui reſte de AB; car quelque ligne que l'on tire de C à un point de la ligne EF, quelque éloigné qu'il ſoit, elle ne ſçauroit ſe confondre avec la ligne CD, & par conſéquent elle diviſera toujours la partie de AB qui reſte après la diviſion précedente.

Si vous voulez avoir d'autres démonſtrations, & qui ſoient plus étenduës, voyez la même *Leçon* 3e, où l'Auteur fait encore ſentir l'abſurdité de l'opinion contraire. Il répond dans la *Leçon* ſuivante aux objections que l'on oppoſe à la diviſibilité de la quantité, en démontrant que ce que l'on regarde comme des conſéquences abſurdes de la diviſibilité de la matiére à l'*infini*, ne ſont que des aſſertions véritables.

Par exemple, 1°. *Qu'une quantité finie peut avoir un nombre infini de parties.* Car ſi la ligne AB * eſt diviſée en cent parties, toutes ces parties priſes enſemble égaleront AB; & ſi on la diviſe en mille parties, toutes ces parties * Planche 3. Figure 3.

Notes sur la Ire. Leçon.

prises ensemble égaleront encore A B. Or on peut augmenter ce nombre, tant qu'on veut, & même par l'addition infinie des nombres ; & puisque de quelque façon que le nombre des parties soit augmenté, leur somme ne sçauroit surpasser la ligne A B, on peut donc dire sans absurdité, que cette ligne contient un nombre infini de parties.

2°. *Qu'il n'y a point de contradiction, mais que c'est un principe qui s'accorde avec la géométrie, qu'une quantité finie est égale à une quantité infinie ;* puisqu'on fait voir qu'un espace fini est égal à un espace infini, & un solide infini à un solide fini.

3°. *Qu'il y a des infinis dont les grandeurs ont de certaines proportions entr'elles ;* & que quelques-uns sont plus grands, (& même infiniment plus grands) que les autres.

* Planche 3. Figure 4. Dans le cercle A B F * prenez un arc B F infiniment petit, la corde B F sera infiniment plus petite que le diametre A B, & elle sera cependant infiniment plus grande que le sinus verse B G que l'on trouve en menant F G perpendiculaire à B A. De même dans le cercle B F A *, si l'on prend l'arc B F infiniment petit, B E sera sa tangente, F G son sinus droit, B G le sinus verse ; on peut démontrer que C B est infiniment plus grand que B E, B E infiniment plus grand que B G, & B G infiniment plus grand que H E.

* Planche 3. Figure 5.

* Planche 3. Figure 6. Mais ce qu'il y a de plus surprenant en cette matiére, c'est que si l'on mene A E & A B * à angles droits, & que l'on fasse passer par le point A des courbes paraboliques de différente espéce, C, D, G, H, l'angle d'attouchement F A C qui est infiniment plus petit que tout angle rectiligne, sera infiniment plus grand que l'angle F A D, & celui-ci infiniment plus petit que F A G : & ainsi il y aura une suite infinie d'angles d'attouchement dont chacun est infiniment plus grand que celui qui le précéde : & même, entre deux angles quelconques, on peut en concevoir une infinité d'autres qui sont infiniment plus grands les uns que les autres. On peut encore entre deux de ceux-ci, imaginer une suite d'angles intermédiaires qui s'étend à *l'infini*, & dont chacun est infiniment plus grand que celui qui le précéde. Et c'est ainsi que la nature ne connoît point de bornes. Voyez *la démonstration de ces propositions dans le même Livre*, Leçon 4.

N. 5. [6. — *Quant à la divisiõn actuelle de la matiére*, &c.] Le Docteur *Keil* dans son Introduction, *Leçon* 51, déduit les deux théorémes suivans de la divisibilite infinie de la matiére.

THÉORÉME I.

» Une quantité quelconque de matiére, quelque petite qu'elle soit, & un » espace fini quelconque, quelque grand qu'il soit, étant donnés, (comme » par exemple, un cube circonscrit autour de la sphére de *Saturne*) il peut se » faire que la matiére de ce petit grain de sable soit répanduë dans tout cet » espace, & qu'elle le rempliſſe de maniére, qu'il n'y ait aucun pore ou in- » terstice, dont le diametre surpasse une ligne donnée.

De la démonstration de ce *Théoréme*, il tire le corollaire suivant, qui sert à démontrer le second *Théoréme*.

Cor. » Il peut donc ſe trouver un corps, dont la matiére étant réduite à un » eſpace entiérement plein, cet eſpace ſoit une partie donnée de la premiére » grandeur de ce corps. Notes ſur la Ire. Leçon.

THÉORÉME II.

» Il peut y avoir deux corps d'un égal volume, dont les quantités de » matiére étant inégales en proportion quelconque, la ſomme de leurs pores, » ou des eſpaces vuides dans les deux corps, ſoit cependant preſque la » même.

Le Docteur applique ſa démonſtration à un pouce cubique d'or, & à un pouce d'air. La voici en ſubſtance.

Le pouce cubique d'or A * contient environ 20000 fois plus de matiére que le pouce cubique d'air B; ſuppoſons néantmoins qu'il n'en contienne que 10000 fois plus. Soit la matiére en A réduite à un eſpace entiérement plein, que nous ſuppoſerons égal à $\frac{1}{100\ 000}$ d'un pouce cubique; (ce qui peut ſe faire par le *Cor.* du premier *Théoréme.*) Si la matiére contenuë en B eſt auſſi réduite à un eſpace entiérement plein, elle n'occupera que $\frac{1}{1\ 000\ 000\ 000}$ d'un pouce cubique, parce que B contient 10000 fois moins de matiére que A. Pour comparer ces deux eſpaces pleins, il faut réduire les deux fractions à la même dénomination, & $\frac{10000}{1\ 000\ 000\ 000}$ exprimera l'eſpace ſolide dans le pouce cubique d'or. Donc les $\frac{999\ 990\ 000}{1000\ 000\ 000}$ parties reſtantes de ce pouce cubique, ſeront des eſpaces vuides : Tandis que les eſpaces vuides du pouce d'air (après que ſa matiére aura été réduite à un ſolide) ſeront exprimés par la fraction $\frac{999999999}{1000000000}$: & par conſéquent puiſque les nombres 999990000 & 999999999 ſont preſque en raiſon d'égalité; les eſpaces vuides dans les deux corps ſeront preſque égaux.

* Planche 3, Figure 7.

Quoique ces théorémes paroiſſent incompatibles avec la Théorie des atomes, ils ne la détruiſent pas; parce que, comme ils ſont tirés de la diviſibilité des quantités, ils ſont plus mathématiques que phyſiques. Car quoiqu'on puiſſe concevoir un atome d'une petiteſſe exceſſive, ſon diametre ſera pourtant d'une longueur déterminée, & par conſéquent il ſera trop grand pour répondre aux conditions du premier *Théoréme*, qui ſuppoſe qu'il n'y a point de parties primitives. Mais alors même dans un atome (ou partie primitive phyſique) les Mathématiciens peuvent déterminer des parties plus petites en proportion quelc nque, de maniere que les précédents *Théorémes* ſubſiſteront : Car ces particules des corps naturels, que les opérations de la nature ne ſçauroient diviſer, peuvent cependant être diviſées virtuellement en un nombre infini de parties, qui ne ſeront pourtant jamais ſéparées les unes des autres.

Quoique les atomes donnés, & d'une grandeur déterminée, limitent les *Théorémes* du Docteur *Keil* dans le ſens phyſique, on voit cependant par les

NOTES sur la Ire. Leçon.

phénoménes, qu'il y a actuellement des particules assez petites pour convenir au premier *Théoréme*, si l'on veut employer un grain de sable pour remplir la sphére de *saturne*; & avec le second *Théoréme*, si l'on veut comparer un pouce d'or avec un pouce d'air; en supposant seulement (ce qui est plus que probable) qu'un corps parfaitement solide surpasse l'or en densité, autant que l'or surpasse la lumiére, ou qu'il surpasse l'éther, qui est encore plus rare que la lumiére.

Et si l'on suppose un grain de sable divisé en autant de parties qu'il en faut pour remplir la sphére de *saturne*, sans avoir aucun pore plus grand en diametre que celui d'un cheveu, ces particules seront encore plus grandes que celle de l'éther, si elles ne sont pas plus grandes que celles de la lumiére.

N. 6. [7. *On doit penser que ces particules sont d'une petitesse inconcevable.*] Quoiqu'il soit bien surprenant qu'on puisse diviser actuellement la matiére en parties aussi petites que celles dont nous avons parlé dans la Note précédente; cependant quelques exemples de la division en petites parties, qui se fait par le secours de l'art, ou qui est l'ouvrage de la main des hommes, & quelques preuves de la subtilité de cette matiére, qui est naturellement dispersée dans tout l'univers, rendront cette assertion évidente à ceux qui y apporteront la moindre attention.

Les Batteurs d'Or, même avec des instrumens grossiers, réduisent ce métal à une telle subtilité, que cinquante pouces quarrés de feuille d'or ne pesent qu'un grain: or la longeur d'un pouce peut se diviser en 200 parties visibles, comme on le voit dans la *Planche* 3. *Figure* 8. où la vingtiéme partie d'un pouce est divisée en dix parties visibles par le moyen de six hachures noires, & de cinq interstices blancs. * Multipliant donc 200 par 200, nous avons 40000 parties visibles dans un pouce quarré, lesquelles sont contenues 50 fois dans un grain d'or; & par conséquent il se trouve par ce moyen divisé en 2000000 parties visibles.

* Planche 3. Figure 8.

Si l'on considére l'art de dorer l'argent, on trouvera que l'or en ce cas contient des parties visibles, même après qu'il a été divisé plus de dix fois autant: Car huit grains d'or peuvent dorer une once entiére d'argent, laquelle est ensuite tirée pour former un fil de 13000 pieds de longueur; ainsi un grain peut dorer un fil de 1625 pieds. Et comme chaque pied (selon ce qu'on a dit ci-devant) doit contenir 2400 parties visibles, toute la longueur du fil contiendra 3900000 petits cylindres, qui étant réduits en cubes, auront chacun six côtés visibles; & ainsi par cette derniére opération, un grain d'or au lieu d'être divisé en deux millions de parties visibles, sera divisé en 23400000, ce qui est presque douze fois autant. *Il paroît qu'on peut raisonnablement prendre pour cubes ces petits cylindres, si l'on fait attention que tout ce fil étant battu & applati pour pouvoir l'entortiller autour de la soye, & en faire des filets d'or, & même après qu'il a été applati, les meilleurs microscopes ne sçauroient faire découvrir l'argent à travers la dorure.* Cela fait voir que dans cette pellicule mince, il reste encore plusieurs parties d'or les unes sur les autres; quoique son épaisseur (comme le Docteur *Halley* l'a prouvé dans les *Transf. philos.* nomb. 194.) ne soit que $\frac{1}{12459}$ d'un pouce, ou 62, 25 fois

moindre que la 200e. partie d'un pouce, que nous avons regardée comme la moindre partie visible de la longueur d'un pouce. M. *Boyle* dans son Livre *sur la nature & la subtilité des écoulements*, dit qu'un grain de cuivre dissous dans l'esprit de *sel armoniac*, donne une forte teinture bleue à 105, 157 pouces cubiques, qui font presque deux quartes d'eau. Or si l'on suppose que de cette eau teinte, on peut voir au moins un cube dont le côté est égal à la 100e. partie d'un pouce, (en prenant huit fois plus que nous n'avons fait par rapport à l'or) on verra par le calcul qu'un grain de sable assez petit pour qu'un pouce cubique en contienne un million, contiendra cependant deux millions cent onze mille & quatre cent (ou 2 111 400) parties égales à celles qui résultent de la division actuelle d'un seul grain de cuivre.

Notes sur la Ire. Leçon.

Le même Sçavant ayant exposé au grand air une certaine quantité d'*assa fœtida*, trouva son poids diminué en six jours de la huitiéme partie d'un grain seulement : Or si l'on suppose que durant tout ce tems un homme peut recevoir par l'odorat l'*Assa fœtida* à la distance de cinq pieds, on verra que les particules qui viennent de la division de l'*assa fœtida*, ne sont pas plus grandes que $\frac{1}{26\ 250\ 000\ 000\ 000\ 000}$ d'un pouce.

Feu M. *Lewenhoek*, ce Naturaliste curieux & ingénieux, nous fait voir que dans la laite d'un seul merlus il y a plus de petits animaux qu'il n'y a d'habitants sur toute la surface de la terre. Or si l'on connoît seulement la longueur du foyer de la lentille, ou du verre du microscope, on peut par les regles de l'optique trouver la grandeur de ces petits animaux, qui ne peuvent pas excéder $\frac{1}{26\ 000\ 000\ 000\ 000}$ d'un pouce cubique : & par conséquent la pointe d'une aiguille en contiendroit plusieurs mille. On voit aussi que si l'on compare ces animaux à une baleine, ils se trouvent beaucoup plus petits que la baleine à proportion que celle-ci est plus petite que tout le globe de la terre. Comme chaque animal est un corps organisé, il faut que les parties qui composent un de ces animaux, soient prodigieusement fines, subtiles & délicates. Combien petit doit être le cœur de cet animal, ses veines & ses artéres ? Et combien petits doivent être les globules de ce fluide qui lui tiennent lieu de sang, & qui nagent dans un fluide encore plus subtil. Il est à propos de considérer ici la petitesse de ces globules ; ce qui peut se faire en faisant attention que les particules du sang de ces animaux doivent être par rapport à leur corps comme les globules du sang humain par rapport au corps de l'homme.

Le corps d'un homme est à celui de l'un de ces petits animaux, comme 17 à $\frac{3}{100\ 000}$, & le diametre des globules du sang d'un homme ne surpasse pas $\frac{1}{79\ 200}$ d'un pouce, † (parce que *Lewenhoek* a trouvé que le diametre des

† *Le sçavant & ingénieux* Docteur Jurin, Secretaire *de la* Société Royale, *a depuis peu trouvé que les globules du sang humain sont plus grands qu'on ne dit ici ; & ayant communiqué ses remarques à M.* Lewenhoek, *il en fut confirmé dans son sentiment ; mais je n'ai pas jugé à propos de changer ce calcul, parce que je traiterai ce sujet plus au long dans un autre endroit de ce Cours.*

Notes sur vaisseaux par où ils passent n'est pas plus grand.) Donc comme 17 est à la Ire. Leçon $\frac{1}{100000}$, ainsi $\frac{1}{79\ 200}$ est à $\frac{3}{134\ 640\ 000\ 000}$ ou en décimales $\frac{22}{1\ 000\ 000\ 000\ 000}$; donc les globules du sang de ces petits animaux ne peuvent pas être aussi grands que le cube de ce nombre, ou que $\frac{8}{1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000}$ d'un pouce.

Mais comme ces nombres exprimés par les Figures de l'Arithmétique, ne donnent pas immédiatement une idée de la petitesse de ces globules; le Docteur *Keil* (qui dans sa *cinquiéme Leçon* donne toutes les démonstrations qui prouvent nos deux derniers paragraphes) a fait voir que le plus petit grain de sable visible contiendroit plus de ces globules que dix mille deux cent-cinquante-six des plus hautes montagnes du monde ne contiendroient de grains de sable.

Ce que nous avons dit jusqu'ici fait voir combien sont petites les parties innombrables de la division actuelle des corps; mais il y a des particules de matiére qui sont plus petites que les globules dont on vient de parler, en telle proportion que ces globules leur étant comparés, seroient non-seulement des montagnes, mais aussi grands que la terre. Je parle des particules de la lumiere dont la finesse inconcevable surpasse toutes nos idées. Combien petites doivent être les particules qui sortent d'un flambeau, dont on voit la lumiere à deux milles de distance? Puisqu'à chaque instant de tems il en doit émaner des particules qui rempliſſent une sphére de quatre milles en diametre, de sorte qu'on ne sçauroit placer en aucun endroit de cette sphére la tête d'une épingle, sans qu'elle reçoive quelques particules de la lumiere. Le Docteur *Newentiit* fait voir que la quatorziéme partie d'un grain de cire ou de suif (qui se consume en une seconde de tems dans une chandelle de six à la livre), produit un plus grand nombre de particules de lumiere, que mille fois mille millions de terres (égales à la nôtre) ne seroient capables de contenir de grains de sable. Voyez le *Philosophe Religieux*, volume 3. *contemplation* 25, *section* 15, 16, 17.

7. [7. *Il doit y avoir une grande quantité de vuide*, &c.] La différente gravité spécifique des corps démontre clairement cette assertion, comme on le fera voir plus au long dans la seconde Leçon. Et cela est évident dans les fluides par leur différente réſistance, qui, comme nous l'avons déja prouvé, est proportionnelle à la quantité de matiére des corps.

8. [7. — *Tous les espaces ne sont pas également pleins de matiére.*] S'il y avoit quelque chose de semblable à la *matiére subtile*, qui dût remplir tous les vuides des corps, & tout l'espace céleste où les planétes se meuvent, sa réſistance seroit plus grande que celle de l'argent vif. Dans un milieu tel que celui-là, un globe même parfaitement solide perdroit la moitié de son mouvement avant que d'avoir parcouru trois fois la longueur de son diametre; & des globes tels que les planétes, seroient arrêtés beaucoup plûtôt: Ainsi il est absolument nécessaire pour la continuation du mouvement des planétes

& des cométes, que les milieux où elles se meuvent, soient presque entiérement vuides de matiére. On en peut juger par le mouvement prompt de la queue d'une cométe, qui paroît ne trouver aucune résistance sensible dans le *milieu* où elle se meut, quoiqu'elle ait tant d'étendue, & qu'elle soit composée d'une vapeur si subtile. Notes sur Ire. Leçon.

9. [9. — *Beaucoup plus de vuide que de matiére*, &c.] On peut prouver clairement par la proprieté des corps transparents, qu'il y a plus de vuide dans les corps que de matiére ; car les rayons de lumiére se répandent de tous les côtés en lignes droites à travers l'eau, le verre ou le diamant, avec autant de facilité (& même avec plus de vîtesse) que dans l'air, de quelque côté que le corps transparent soit exposé à la lumiere : il y a donc toujours un passage rectiligne pour la lumiére, depuis la moindre partie déterminable du corps transparent, jusqu'à toute autre partie du même corps : & cela ne sçauroit arriver, à moins que la quantité de matiére dans un tel corps ne soit extrêmement petite par rapport à son volume. Peut-être que dans un diamant la matiére solide comparée à son volume, a moins de proportion que le diamant n'en a étant comparé à tout le globe de la terre : ce qui ne paroîtra pas impossible, si l'on fait attention à ce qui a été dit ci-devant sur cette matiére. Maintenant puisque l'or est tout au plus six fois plus dense que le diamant, combien ne doit-il pas avoir plus de vuide que de matiére ? Delà vient que les écoulements de la pierre d'aimant passent aussi aisément au travers de l'or qu'au travers de l'air ; car si l'on met une piéce d'or ou de quelque autre métal (excepté le fer) entre une pierre d'aimant & une éguille aimantée, qui a été tirée de sa position naturelle par la vertu de la pierre, cette aiguille restera dans la même situation qu'auparavant. Et même ces écoulements peuvent traverser pendant tout un jour le cerveau, qui est un corps si tendre & d'un tissu si délicat, sans affecter les nerfs par aucune sensation, ou sans détourner la moindre idée.

La vapeur de l'aurore boréale (que quelques-uns croyent être composée principalement des écoulemens magnétiques de la terre) passe librement à travers les maisons & les arbres, & traverse les corps des animaux sans qu'ils s'en apperçoivent ; comme on le voit par les observations qui ont été faites sur ce *phénoméne*, lorsqu'on l'a aperçu de différents endroits dans le même tems.

10. [15. — *On peut suspendre à la poulie un poids*, &c.] On peut faire la même expérience, avec un ressort spiral enfermé dans l'une des balles, & un tambour en-dedans, sur lequel le ressort est entortillé. Car l'extrémité du ressort étant attachée à une autre balle égale (ou double ou triple), lorsqu'on séparera les deux balles, elles se réuniront avec des vîtesses réciproquement proportionnelles à leurs masses. Voyez *Planche* 3. *Figure* 9. A * répréſente la section d'une balle creuse de cuivre, avec un ressort spiral S, & un tambour en-dedans, de maniere que tout le ressort AB rentrera dans la balle lorsqu'il en aura été tiré par l'extrémité B. La balle B est solide & d'yvoire, mais de même pesanteur que la balle creuse A. Si cette balle B est tirée de A à la distance AB, & qu'ensuite on les abandonne toutes les deux, elles viendront se rencontrer en C, milieu de leur distance ; mais si * Planche 3. Figure 9.

Notes sur la 1re. Leçon.

B est une balle deux fois aussi pesante que A, lorsqu'on les abandonnera toutes les deux, elles viendront se rencontrer en D, supposé que D B ne soit que la moitié de la distance A D.

N. 11. [17 — *Car la pésanteur étant une vertu, &c.*] Lorsque nous comparons la pésanteur avec la lumiére & avec la chaleur, nous ne prétendons pas dériver leurs effets de la même cause; ou assurer que toutes les espéces d'attractions dans les corps ont les mêmes loix, puisque l'attraction de cohésion, * & celle de la pierre d'aiman * n'agissent pas de la même maniere : mais nous ne parlons ici que de l'attraction de pésanteur, par laquelle les corps qui nous environnent sont portés vers la terre, & par laquelle la terre & les planétes sont portées vers le soleil; cette attraction se nomme aussi *force centripéte :* & quoiqu'on en ignore la cause, on en a découvert les loix par observations & par expériences, & ces expériences ont toujours concouru à confirmer la théorie de la pésanteur.

* Leçon 1. nº. 19, 20. &c.

* Leçon 1. nº. 29.

Pour avoir une claire notion des effets de la pésanteur, ou de la force centripéte, il faut la considérer sous trois rapports différens : 1°. A l'égard de la quantité de force du corps central qui attire les autres (ou vers lequel tendent tous les corps qui l'environnent) & cette force se nomme *force absoluë;* ou à l'égard de la vîtesse avec laquelle les autres corps se meuvent vers le corps central, & cette force se nomme *force accélératrice*, ou enfin à l'égard de la quantité de mouvement qui est dans tous ces corps, lorsqu'on les compare les uns avec les autres, & qui est proportionnelle à l'obstacle qu'ils sont capables d'écarter, & c'est ce qu'on nomme *force mouvante.*

La *force absoluë* est proportionnelle à l'efficacité de la cause qui répand sa vertu tout autour depuis le centre. Ainsi supposé que la terre eût deux fois autant de matiére qu'elle en a à present (soit qu'elle fût deux fois aussi grande, ou seulement deux fois aussi dense) elle auroit une force absoluë double. Ainsi la lune a presque quarante fois moins de force absoluë que la terre, parce qu'elle a presque quarante fois moins de matiére. Il est vrai que son volume (qui est comme le cube du diamétre) est presque cinquante fois moindre que celui de la terre; mais il est plus dense en raison de 21 à 17. Voyez les *Principes de Newton*, L. 3. *Pr.* 37. *Cor.* 3.

On exprime la *force accélératrice* par la vîtesse qui seroit produite dans un tems donné, & avec laquelle les corps (considérés comme des points physiques) se meuvent vers le corps central qui les attire par sa force absoluë. Cette force accélératrice est plus grande ou plus petite selon la distance à son centre, en raison doublée réciproque, comme on l'a dit ci-devant. * Telle est la pesanteur qui pousse les corps vers le centre de la terre, & qui est plus grande dans les vallées qu'au sommet des hautes montagnes; plus grandes aux poles qu'à l'Equateur qui est plus élevé de dix-sept milles; & plus grande à l'Equateur qu'à de plus grandes distances du globe de la terre : car le même corps, qui auprès de la surface de la terre, parcourt seize pieds dans la premiere seconde de sa chûte, ne décriroit que quatre pieds dans le même tems, s'il commençoit à tomber à la hauteur de 4000 milles au-dessus de la surface de la terre ou à deux demi-diamétres de distance

* Leçon 1. nº. 17.

à

à ſon centre. A égales diſtances la force accélératrice eſt la même de tous les côtés ; parce que tous les corps grands ou petits, peſans ou legers, (faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'air) ſont également accélérés dans leur chûte. *

Notes ſur la Ire. Leçon.

* Leçon 1. n°. 8. Exp. 1.

La *force mouvante* eſt proportionnelle à la quantité de mouvement, que la force abſoluë du corps central produit en un tems donné dans les corps ſur leſquels elle agit. Quoiqu'à l'égard de la terre, on conſidére les plus grands corps qui en ſont attirés (& la Lune même) comme des points phyſiques ; cependant lorſqu'on les compare entr'eux, on doit avoir égard à leur quantité reſpective de matiére : car les corps qui ont la même force accélératrice, ou qui ſe meuvent avec la même vîteſſe, ont leurs quantités de mouvement plus ou moins grandes, ſelon qu'ils ont plus ou moins de matiére, ou qu'ils ſont plus ou moins peſans : parce que la force mouvante d'un corps n'eſt que la ſomme des actions de la force acceleratrice ſur toutes ſes parties ; & par conſéquent on la trouve en multipliant la quantité de matiére par la force accélératrice, comme on trouve la quantité de mouvement des corps, en multiplant leur matiére ou leur maſſe, par leur vîteſſe.

Ainſi auprès de la ſurface de la terre, où *la force accélératrice* de la peſanteur eſt la même ſur tous les corps, la *force mouvante* ou le poids eſt comme le corps : mais ſi l'on s'éleve à des endroits où la péſanteur accélératrice eſt moindre, le poids ſera auſſi diminué, & deviendra comme la maſſe du corps multipliée par *la force accélératrice*. Par exemple, ſi un poids d'une livre & un poids de quatre livres commencent à tomber auprès de la ſurface de la terre, leurs *forces mouvantes* ſeront comme 4 & 1 ; car ſi l'on prend 16 pour la *force accélératrice* commune aux deux, 16 fois 4 (ou 64) ſeront préciſément 4 fois autant que 16 (ou 16 fois 1) mais ſi le poids de quatre livres étoit porté à la hauteur de 4000 milles ou de deux demi-diamétres de diſtance au centre de la terre, ſa *force mouvante* ſeroit alors préciſément égale à celle d'une livre à la ſurface de la terre ; parce que la *force accélératrice* étant quatre fois moindre à une double diſtance du centre, 4 fois 4 ou 16 exprimeroit la *force mouvante* du corps plus peſant.

Si le poids d'une livre étoit placé à la diſtance de deux demi-diamétres, ſa force mouvante ſeroit 16 fois moindre que celle de 4 livres à la ſurface de la terre.

L'idée claire de ces trois forces fournit la raiſon de quelques *Phénoménes*, qu'il ſeroit difficile d'expliquer ſans leur ſecours. Par exemple, nous avons déja dit que la terre a près de quarante fois plus de matiére que la lune ; & cependant les corps qui ſont ſur la ſurface de la lune ne peſent que trois fois moins qu'ils péſeroient ſur la ſurface de la terre, quoique la *force abſoluë* de la lune ſoit quarante fois moindre. Mais pour faire voir que c'eſt-là une conſéquence néceſſaire de ce que nous avons dit, il faut examiner cette matiére par les nombres.

Soit T A B * la Terre, L la Lune, A B un diamétre de la terre, & *b d* un diamétre de la lune (qui ſont entr'eux comme 365 & 100) & que les lignes C E & *c e* ſoient chacune égale à un diamétre de la terre ; ſi l'on ſuppoſe un corps placé en E dont le poids ou la peſanteur vers la terre y ſoit égal à 9, 8427 livres ; le même corps placé en *e*, préciſément à la

* Planche 3. Figure 10.

NOTES sur la Ire. Leçon.

même distance du centre de la lune, où il étoit par rapport au centre de la [illegible], ne pésera vers la lune L, que 0, 25 livres ou le quart d'une livre; parce que les masses ou quantités de matiére dans ces deux corps, & par conséquent leurs *forces absoluës*, sont entr'elles comme ces nombres, ou comme 39, 721 & 1, qui sont en même proportion. *Newton, Princ. Lib.* 3. *Prop.* 37. *Corol.* 4.

Si ensuite le même corps est placé en A, à la distance d'un demi-diamétre du centre de la terre, il pésera vers la terre * quatre fois plus qu'il ne faisoit en E, ou 39, 371 *livres*, & en *a* il pesera vers la lune 1, livre ou 4 fois plus qu'il ne pésoit auparavant par la même raison. Maintenant si la lune sans aucune nouvelle matiére, étoit rarefiée jusqu'au point de remplir la sphére *m a*, qui est égale au globe de la terre, le point *a* seroit sur la surface de la lune, comme le point A est sur la surface de la terre; & en ce cas le poids des corps sur la surface de la terre seroit au poids des corps sur la surface de la lune, préciśément comme la quantité de matiére dans la terre, à la quantité de matiére dans la lune, & par conséquent comme leurs *forces absoluës*. Mais la lune étant moindre en diamétre que la terre, lorsque le corps qui pesoit 1 *livre* en *a*, vient à être placé sur la surface en *d*, il est plus près du centre de la lune qu'il ne l'étoit, en raison de 182, 5 à 50, ou de 365 à 100, & par conséquent * il pése alors 13, 3225 *livres*; car comme le quarré de *c d*, (100 × 100 = 10000) est au quarré de *c a* (365 × 365 = 133225) ainsi 1 ou le poids du corps placé en *a*, est à 13, 3225, poids du même corps sur la surface de la lune; lequel nombre étant à fort peu près le tiers de 39, 371, démontre que les corps à la surface de la lune pésent environ un tiers de ce qu'ils auroient pésé à la surface de la terre. *Ce qu'il falloit démontrer.*

* Leçon 1. n°. 17.

* Leçon 1. n°. 17.

De-là il suit, que les corps pésent plus sur la surface des petites planétes, à proportion de leur quantité de matiére, que sur la surface de celles qui sont plus grandes. Ainsi sur le vaste globe de *Jupiter* dont la quantité de matiére, ou dont la *force absoluë* est 200 fois plus grande que celle de la terre, les corps ne pésent que deux fois autant qu'ils l'auroient fait à la surface de la terre; & sur le corps immense du soleil, dont la quantité de matiére est 227512 fois plus grande que celle de la terre, les corps ne pésent que 24, 4 fois plus que sur la surface de la terre.

De-là il suit aussi que par rapport à une planéte ou corps central, comme par exemple, la terre, le poids des corps qui gravitent vers son centre, est plus grand à la surface qu'à aucune distance en-dehors ou en-dedans, quoique plus près du centre. (Car si le même corps qui en A pése 39, 371 *livres*, est porté en D, qui est un point en-dedans de la terre aussi près de C centre de la terre T A B, que *d* l'est de *c* centre de la lune L, son poids n'augmentera pas vers C 13, 3225 fois, comme il l'avoit fait, lorsqu'on l'avoit porté de *a* en *d*; mais il diminuera en raison de 365 à 100; parce que la partie de la terre vers sa surface entre D & A, attire en arriére le corps vers A. Newton, *Lib.* 3. *Prop.* 9. a déterminé la proportion exacte de cette diminution de pésanteur, & a trouvé qu'elle étoit toujours en raison de la distance au centre, en descendant de la surface en bas: & comme

les principes d'où il a tiré cette vérité ſont très-évidens, je vais les répéter ici. NOTES ſur la Ire. Leçon.

S'il y a une ſurface ſphérique concave, dont les particules attirent, ſelon les loix précedentes de la péſanteur, comme JHLK, * tout petit corps en-dedans de cette ſurface reſtera en repos en quelque endroit qu'il ſoit placé, parce que les attractions qui l'environnent ſe détruiſent mutuellement. Cela eſt évident, ſi le corps eſt placé en C au centre. Et s'il eſt placé en P deux fois auſſi près de HJ que de KL, on trouuvera la même choſe : car ſoient menées les lignes JL & KH, il eſt évident que le ſegment ſphérique entre K & L ſera quatre fois plus grand que celui entre H & J, parce que KL vaut deux fois HJ ; il y a donc quatre fois plus de particules attractives en KL qu'en HJ ; mais HJ étant deux fois plus proches du corps P, l'attire quatre fois autant ; ce qui compenſe le moindre nombre de particules compriſes dans le moindre ſegment ; car le produit de la *force abſoluë* de HJ (1) multipliée par ſa *force accélératrice*, (qui eſt ici 4) eſt égal au produit de la *force abſoluë* de KL (4) multipliée par ſa *force accélératrice*, qui n'eſt que 1. *Cela convient également à tout autre point de la ſurface, ou à toute autre poſition du corpuſcule : & s'il étoit mis en mouvement, il iroit uniformément dans la ſphére concave, comme s'il n'étoit point attiré.* Si au lieu d'une ſurface, il y avoit une écorce d'une épaiſſeur quelconque, comme ABH, JKL, * la même choſe ſubſiſteroit, pourvû que cette écorce fût par tout de même épaiſſeur & de meme denſité. * Planche 3. Figure 11. * Planche 3. Figure 12.

Si le creux HJKL étoit rempli par une ſphére ſolide, & que le corpuſcule fût placé en P, il ne ſeroit attiré vers le centre C que par la force de la ſphére intérieure HJKL ; car les forces attractives de différentes parties de l'écorce ſe détruiroient mutuellement, comme on vient de le démontrer. Si le corpuſcule étoit porté en Q, il ne ſeroit attiré que par la ſphére QR. Suppoſons la *force abſoluë* de toute la ſphére AB = 64, les lignes BC, PC & QC, comme 4, 2 & 1, & la *force accélératrice* du corpuſcule en B = 1 ; ſa *force mouvante* ſera par conſéquent 64. Si le corpuſcule eſt porté en P (la moitié plus près du centre des forces) ſa *force accélératrice* ſera 4, mais alors il ne faudra multiplier ce nombre que par la *force abſoluë* de la ſphére HJKL, qui étant deux fois moindre en diamétre que la ſphére AB eſt huit fois moindre en ſolidité, & par conſéquent ſa *force abſoluë* n'eſt que 8 ; ce qui étant multiplié par la *force accélératrice* 4, ne donne que 32 pour la *force mouvante* du corpuſcule en P. Si le corpuſcule eſt porté en Q, quatre fois plus près de C, ſa force accélératrice ſera 16 ; laquelle étant multipliée par 1, *force abſoluë* de la ſphére Q (qui eſt quatre fois moindre en diamétre que la ſphére AB) donnera 16 pour la *force mouvante* de la particule en Q. Mais puiſque les *forces mouvantes* avec leſquelles le corpuſcule ou la particule en B, P & Q gravitent vers le centre C, ſont comme 64, 32 & 16, & que les diſtances du centre ſont comme 4, 2 & 1 ; il ſuit qu'*en allant de la ſurface d'une planéte en bas, la péſanteur diminue en raiſon directe de la diſtance au centre.* Ce qu'il falloit démontrer.

Pour appliquer ceci à ce que nous avons dit ci-devant, ſi l'on conçoit un globe CD en-dedans de la terre T * égal à la lune & de même denſité, * Planche 3. Figure 10.

Notes sur la Ire. Leçon.

le corps qui en A pésoit 39, 721 *livres*, ne pésera en D que 13, 3225 *livres*; de même il l'auroit fait sur la surface de la lune.

N. 12. [18 — *Un cube d'un pouce, &c.*] Comme dans les corps éclairés on ne considére que les surfaces exposées à la lumiére, on peut faire cette expérience avec des morceaux semblables de carton exposés à la lumiére: par exemple, un cercle, un quarré, un pentagone, ou tout autre polygone d'un pouce de diamétre à un pied de distance de la chandelle, recevra la même quantité de lumiére qui tombe sur un cercle, un quarré, ou un pentagone, &c. de deux pouces de diamétre à deux pieds de la chandelle, ou des figures semblables de trois pouces de diamétre à trois pieds de la chandelle, & l'on observera que la force de la lumiére diminue en même proportion que l'aire de la figure est augmentée: c'est-à-dire, qu'ici aux distances de 1, 2 & 3 pieds, la force de la lumiére sera comme 9, 4, 1; c'est ce qu'on appelle proportion réciproque doublée des distances.

N. 14. [19 — *La figure d'une portion d'un fluide, &c.*] Lorsque deux petites goutes viennent à se toucher mutuellement, elles deviennent d'abord ovales, & immédiatement après elles sont sphériques. Or lorsque la goute a une figure ovale, la pression d'un fluide exterieur qui agit sur elle de tous les côtés, ne sçauroit changer cette figure, ni arrondir la goute; il ne sçauroit non plus l'applatir, comme l'ont imaginé ceux qui ont dit, que si les particules de la liqueur n'avoient point d'attraction, & qu'il n'y eût que la pression d'un fluide extérieur, une goute ovale seroit plus pressée aux extrémités des petits diamétres, qu'aux extrémités du plus long, ce qui feroit allonger la goute: mais je n'ai garde d'employer cet argument qui n'est qu'un sophisme, comme on le verra, si l'on se donne la peine de consulter les *Principes* de *Newton*, *Livre* 2. *Proposition* 19. où il démontre, que si une portion d'un fluide est pressée par le même fluide, ou par tout autre fluide homogéne, qui agit de tous les côtés, la figure de cette portion ne sera pas changée par une telle pression.

15. [19 — *Au lieu que par l'attraction mutuelle des petits globules, &c.*] Si deux globules semblables & égaux A & B, * s'attirent mutuellement & se touchent en C, ils resteront en répos, comme ils auroient fait s'ils s'étoient touchés en E ou en D, ou en tout autre point de la circonférence de l'un des deux, parce que l'attouchement seroit toujours le même: & par conséquent une très-petite force éloigneroit B de son attouchement en C vers E ou vers tout autre point de la circonférence (ou plûtôt de la surface de la sphére) CED; parce qu'en allant tout autour du globule, il continuë de le toucher autant qu'auparavant.

* Planche 3. Figure 13.

S'il y a trois globules A, B, F, * qui se touchent mutuellement de maniere, que leurs centres soient dans la ligne *a b*, ils resteront dans cette position; que si l'un d'eux est tiré de cette position comme F, * il ne restera pas en F, mais il se portera vers C, où l'autre globule A le rencontrera; de sorte que ces trois globules se toucheront en deux points, trois sphéres ne pouvant se toucher mutuellement que de cette maniere. Voyez la *Figure* 16.

* Planche 3. Figure 14.

* Figure 15.

S'il y a quatre globules, *g*, A, B, *f*, * ils viendront par la même raiſon à la poſition A, F, B, G, en ſuppoſant que leurs centres ſoient tous dans le même plan ; mais ſi l'un d'eux comme F, eſt porté en haut, il n'aura point de répos qu'il ne ſoit arrivé en *c*, & alors les petites ſphéres ſe toucheront mutuellement en trois points. De-là vient que lorſque deux goutes d'eau ou de quelque autre liqueur venant à ſe toucher mutuellement, forment le ſphéroïde *acdbef*, * elles ne conſervent pas cette figure, mais elles forment bien-tôt la ſphére *cgdebf*, pour parvenir au plus grand attouchement poſſible entre les globules qui compoſent la ſphére ou la nouvelle goute. NOTES ſur la Ire. Leçon.

* Figure 17.

* Figure 18.

Mais on pourroit peut-être dire qu'il eſt peu mathématique de tirer des conſéquences de la figure des parties des fluides, ſans avoir auparavant démontré qu'elles ſont ſphériques : c'eſt pour cela que je joins ici une autre preuve de la rondeur des goutes des liqueurs, ſans avoir aucun égard à la figure des particules dont elles ſont compoſées.

Soit * A B D E une portion d'un fluide homogéne dont les parties s'attirent mutuellement, & dont la figure n'eſt pas ſpérique. Si dans un tel fluide on ſuppoſe un ſyphon comme A C E (ou ce qui revient au même, ſi tout le fluide eſt glacé, excepté le canal A C E) dont les jambes A C & C E ſoient inégales, & ſe rencontrent en C centre du fluide, vers lequel ſe fait la plus grande attraction, le fluide ſortira de A dans la jambe A C juſqu'à ce qu'il ſoit deſcendu juſqu'en *g* dans la jambe C E, en ſuppoſant C *g* égal à A C. Mais ſi la jambe A C eſt allongée juſqu'en *c*, le fluide reviendra en *e* dans la jambe C E, & en même-tems il s'élevera en *a* dans la jambe C *a*, en ſorte que C *a* ſoit égal à C *e*.

* Planche 3, Figure 19.

Si l'on ſuppoſe un autre canal ou ſyphon en B C D, le fluide y deſcendra de D en *d*, & montera de B en *b*. Et puiſqu'on peut ſuppoſer de pareils ſyphons dans tout le fluide A B D E, il faut néceſſairement que ce fluide par l'attraction de ſes parties ſoit réduit à la figure ſphérique *a b d e*. *Ce qu'il falloit démontrer.*

N. 16. [20 — *Ayant moüillé, &c. deux verres plans, &c.*] CETTE expérience d'une goute d'huile de fleurs d'oranges, ayant été faite par feu M. *Hauksbée*, de la maniére que *Newton* la rapporte dans la troiſiéme Partie de ſon *Optique* (*Queſtion derniere vers le milieu*) cet incompable Philoſophe a calculé la force de cette attraction, & a conclu : » que » lorſque l'huile d'orange, entre les deux verres plans étoit de l'épaiſſeur » de trois huitiémes de la partie dix fois cent milliéme d'un pouce, l'at- » traction (qui réſulte de la regle donnée dans la Table de la ſeconde » Partie du ſecond Livre) paroît être aſſez forte pour ſuffire en-dedans » d'un cercle d'un pouce de diamétre, à ſoutenir un poid égal à celui d'un » cylindre d'eau d'un pouce de diamétre & de deux ou trois ſtades de long.

N. 17. [20 — *L'attraction devient toujours plus grande à meſure que les plans ſont plus proches l'un de l'autre.*] IL y a ſix proprietés à obſerver dans l'attraction de ces verres plans.

Soit * le point O (centre de la goute) à égales diſtances des verres plans

* Planche 3, Figure 20.

Notes sur la Ire. Leçon.

Qm, Qn, & que le rayon Ob exprime la plus grande distance à laquelle les plans de verre Qm, Qn peuvent avoir quelque effet sur le point O, il est clair.

1°. Qu'à sa plus grande distance du point Q, il n'y aura pas une plus grande partie de la platine de verre, que la grandeur d'un cercle dont le diametre est cd, en-dedans de la sphére d'attraction, ou dont les parties soient capables d'attirer le point O, toutes les autres particules étant à trop grande distance. 2°. La force de l'attraction des points du cercle de verre qui sont les plus proches du point O, est aussi la plus grande. 3°. La somme des particules attractives placées vers Q, & qui sont contenues dans le segment du cercle du verre dont l'arc a sc pour son sinus verse, est plus grande que celle des particules attractives contenues dans le segment oppose, & cela en même proportion que le premier segment surpasse le second, à cause de l'angle formé par les plans en Q. 4°. La direction de l'attraction des points qui sont à la même distance de O, faisant tout le long de la ligne QR un angle en O, plus aigu vers Q que vers R, le point O avancera vers Q avec une vîtesse accelerée. 5°. A mesure que ledit point O avance vers Q, le diametre du cercle de verre dont les particules peuvent attirer le point O, doit augmenter (Gd étant plus grand que cd) & par conséquent le cercle doit augmenter aussi; c'est ce qui fera que la goute d'huile s'étendra de plus en plus sur les plans de verre, entre lesquels elle étoit placée. 6°. La goute ou le point O avancera vers Q, avec une vîtesse toujours accelerée par de plus grandes forces; parce que l'angle goh devient toujours plus aigu par rapport à l'angle doq, à proportion que la corde Gd devient plus grande que cd, ce qui rend la base Gh toujours plus petite par rapport à la base dq, pendant que les côtés des deux triangles restent toujours egaux; & par conséquent l'angle goh est toujours moindre à proportion que l'angle doq; ce qui augmente continuellement la force de l'attraction vers Q, par la démonstration suivante.

* Planche 3. Figure 21.

Soit l'angle * abc divisé en parties égales par la droite bu, & autour des centres, t, u, pris à volonté sur cette ligne, soient tracés des cercles égaux $ghki$, $acml$; je dis que si par les points d'intersection, on mene les cordes ac, lm, gh, ik; lm sera plus grande par rapport à ac que ik par rapport à gh. Menez du point b les tangentes bsp, brq; & du point u comme centre tracez entre lesdites tangentes le cercle $eond$, & joignez ed, no.

Les segments de, gh, sont semblables, aussi-bien que les arcs ope, ksh, ce qui donne $ik : no :: gh : de$ & $ik : gh :: no : de$. Mais lm est plus grand que no, & au contraire ac moindre que de; donc lm comparé à ac est plus grand que ik comparé à gh: ce qui prouve la sixiéme proprieté des deux plans de verre qui se touchent à une extrémité, & qui forment un petit angle à l'autre extrémité.

18. [23. — *La raison de ces phénoménes*, &c.] Le Docteur *Jacques Jurin*, Sécretaire de la Société Royale, a fait un grand nombre d'expériences curieuses de cette espéce, dont il donne le détail dans les *Transf. Phil.* nomb. 355, par où il fait voir de quelle maniére l'attraction de cohésion opére pour élever & soutenir l'eau dans les petits tubes & dans les espaces compris entre les corps solides, & qui sont analogues aux petits tubes.

19. [23. L'*argent vif attire plus fortement l'argent vif*, &c.] Quelques Auteurs ont cru que l'argent vif & le verre ſe repouſſoient mutuellement, parce qu'il ne paroît pas dans ces expériences & dans pluſieurs autres, qu'il s'attache au verre. Mais on verra par quelques expériences relatives à l'attraction de cohéſion, que le précédent Auteur ingénieux & ſçavant a fait ſur le verre & ſur l'argent vif, que l'argent vif eſt réellement attiré par le verre, quoique beaucoup moins que par lui-même, de maniére qu'il paroît en être repouſſé.

Notes ſur la Ire. Leçon.

EXPE'RIENCE PREMIERE.

L'argent vif eſt attiré par le verre.

Si l'on met un petit globule d'argent vif ſur un papier bien net, & qu'on le touche avec un morceau de verre bien propre, en retirant doucement le verre, on verra que l'argent vif s'y attache, & qu'il ſuit le verre. Si le verre eſt élevé au-deſſus du papier, l'argent vif le ſuivra de la même maniére qu'un morceau de fer eſt attiré par une pierre d'aiman, & il s'attachera au verre par une ſurface plane d'une largeur conſidérable, à proportion du volume de la goute, comme on le voit clairement avec un microſcope ordinaire. Enſuite ſi l'on tient le verre un peu obliquement, la goute de mercure roulera lentement ſur ſon axe le long du côté inférieur du verre, juſqu'à ce qu'elle arrive à ſon extrémité, où elle reſtera ſuſpendue comme auparavant.

EXPE'RIENCE II.

Si l'on met ſur un papier une goute de mercure fort grande, & ſi on la fait toucher de chaque côté par deux morceaux de verre, en ſéparant doucement les verres l'un de l'autre, la goute de mercure s'attachera à tous les deux, & paſſera de la figure ſphérique à une figure ovale dont le grand axe paſſera par le milieu des ſurfaces où la goute touche les verres.

Les particules de l'argent vif ſont plus attirées l'une par l'autre, que par le verre. Pour le prouver liſez *Leç.* 1, N°. 24, 25, 26, & les autres Expériences ſuivantes du Docteur *Jurin*.

EXPE'RIENCE III. *Planche* 3. *Figure* 22.

L'argent vif étant verſé dans un ſyphon renverſé A C B, dont une branche A C eſt plus étroite que l'autre C B, la hauteur C E où le mercure s'arrête dans la plus grande branche C B, eſt plus grande que la hauteur C D où il s'arrête dans la plus étroite C A. L'eau, tout au contraire, eſt plus élevée dans la branche plus étroite que dans celle qui eſt plus large.

EXPE'RIENCE IV. *Planche* 3. *Figure* 23.

A B C D repréſente un plan rectangle de verre qui forme un côté d'une boëte de bois. En-dedans de cette boëte, il y a un autre plan de verre de la même grandeur, qui à ſon extrémité A C, ſe joint au premier, & qui

Notes sur la Ire. Leçon.

forme un petit angle à l'extrémité opposée B D. Lorsque le mercure est versé dans cette boëte à une hauteur comme C E, il s'insinue de lui-même entre les deux plans de verre, & s'éleve à différentes hauteurs entre les verres, selon que l'ouverture est plus grande ou plus petite, il forme l'hyperbole commune C G F ; dont une des asymptotes E F est la ligne dans laquelle la surface du mercure dans la boëte touche le verre intérieur ; l'autre asymptote est la ligne A C qui joint les deux plans.

Expérience V. *Planche 3. Figure 24.*

A B est une section perpendiculaire des deux plans de verre qui se joignent en A, & qui forment un petit angle en B ; C représente une goute de mercure fort large ; (la plus large est la meilleure) on a fait descendre cette goute autant qu'on a pu en G, en tenant les plans dans une situation verticale, & l'extrémité A en bas, & qui s'éloigne de l'attouchement des plans en D, en inclinant les plans vers une situation horizontale, & la distance C D devient plus grande ou plus petite selon que les plans sont plus ou moins inclinés vers l'horizon.

20. [30. — *Comme le cube & un quart de la distance — l'attraction magnétique*, &c.] Cet excellent Philosophe le Docteur *Brook Taylor*, a fait plusieurs expériences avec une aiguille aimantée & une grande pierre d'aiman qui est dans le cabinet de la *Société Royale*, lesquelles étant faites à quelque distance de la pierre, s'accordent fort bien avec cette proposition ; mais auprès de la pierre, la vertu magnétique ne paroît pas agir selon cette loi ; ce qui peut venir de ce que cette pierre paroît être un amas de pierres d'aiman jointes ensemble par une substance pierreuse qui n'est pas magnétique. Car depuis ce tems-là, j'ai trouvé par quelques expériences que j'ai faites avec cette pierre, qu'elle a 15 poles (si je puis me servir de cette expression) c'est-à-dire, 15 points où l'attraction est plus forte que partout ailleurs : ces expériences & quelques autres qui ont été faites sur des aimans foibles, me font penser que chaque pierre d'aiman a plusieurs poles ou points de vertu du côté du *nord*, & plusieurs du côté du *sud* ; que ces vertus étant réunies par le fer qui arme la pierre, sont cause qu'une pierre armée soutient beaucoup plus de fer ou d'acier que lorsqu'elle n'est pas armée. Mais par les expériences que j'ai faites depuis avec quelques bonnes pierres, & surtout avec une pierre d'environ six onces, qui appartient à Mylord *Paizley* (l'une des meilleurs pierres qui soient au monde) j'ai trouvé qu'une bonne pierre d'aiman homogéne n'a que deux poles.

Le Docteur *Pierre van Muschenbrock*, cet ingénieux Professeur d'*Astronomie*, &c. à *Utrech*, a par un travail & une application infatigable, fait des expériences d'attractions & de répulsions des pierres d'aiman, par rapport au fer, & de l'une par rapport à l'autre ; mais il n'a pu jàmais trouver aucune proportion réguliere dans l'accroissement de l'attraction lorsqu'elles s'approchent, ou dans le décroissement lorsqu'elles s'éloignent l'une de l'autre. Il a seulement trouvé que la force de la vertu magnétique croît lorsqu'elles s'approchent, & décroît lorsqu'elles s'éloignent ; mais non pas exactement à chaque distance,

distance, comme le quarré ou le cube de la distance, ni comme le quarré ou le cube de la distance réciproque, ni dans aucune proportion réductible en nombres ; & par conséquent il conjecture fort raisonnablement que les répulsions & les attractions se troublent mutuellement, ensorte qu'elles confondent la proportion ; nous n'avons pas même lieu d'espérer de trouver aucune régle sur cette matiére, jusqu'à ce que l'on ait trouvé le moyen (si jamais on peut en venir à bout) de séparer les parties attractives de celles qui sont répulsives. Je renvoye le Lecteur à sa dissertation sur l'aiman, qui mérite l'attention d'un Philosophe qui aime les recherches importantes. Elle est imprimée à *Leyde* in-4°. avec plusieurs autres bonnes dissertations du même Auteur.

Notes sur la Ire. Leçon.

21. [31. — *Une force répulsive dans les corps*, &c.] Voyez l'*Introduction* de S'gravesande, Part. 1. depuis n°. 40. jusqu'à 44. Lorsque la lumiere est réfléchie par une surface polie de verre, de cristal, ou de métal ; les particules de la lumiére ne frappent pas sur les parties solides, & n'en sont pas refléchies ; mais elles sont repoussées de la surface à une petite distance, avant que de la toucher, par une force qui s'étend sur toute cette surface polie. Voyez l'Optique de Newton, *Livre* II. *Part.* III. *Prop.* 8.

Les rayons de lumiére sont aussi repoussés par les côtés des corps à mesure qu'ils passent auprès d'eux, ensorte que leurs ombres, dans certains cas, en deviennent plus grandes qu'elles n'auroient été sans cela. Voyez le même Auteur, *Livre* III. *Part.* 1. où il prouve aussi cette force répulsive par d'autres *phénoménes*.

22. [37. — *La même partie du tube ne peut pas pétiller deux fois, ou donner deux fois de la lumiére dans le même endroit, sans un nouveau frottement.*] En faisant pétiller le tube contre les doigts ou contre tout autre corps solide, son électricité se détruit en même-tems dans cet endroit là ; par où l'on peut résoudre un *phénoméne* dont parle le Docteur *S'gravesande* dans son Introduction, vol. 11. n°. 554. *Voici de quelle maniére il s'exprime.*

» Il y a une chose remarquable & très-difficile à expliquer dans cette » expérience, au sujet de la direction du frottement ; lorsque vous frottez le » tube, vous en tenez un bout dans une main, pendant que vous le frottez » avec l'autre main ; si vous le faites en allant depuis la main qui tient le tube » vers l'autre bout du tube, l'effet n'en sera pas sensible ; mais si vous le » frottez depuis l'extrémité du tube qui est libre, en allant à celle qui est dans » la main, le contraire arrivera. Et cela arrive indifféremment, soit que vous » teniez à la main l'extrémité ouverte du tube, ou celle qui est fermée.

Pour expliquer cela, nous n'avons qu'à examiner cette expérience par le moyen de la 10e. *Figure* de la *Planche* 2. A est la main droite qui tient le tube, & B la gauche qui le frotte ; laquelle après s'être muë plusieurs fois en haut & en bas, acheve le frottement en se mouvant dans la direction C B A au dernier coup : alors le tube étant approché des corps legers (*Planche* 2. *Figure* 11), leur donne du mouvement. Si le dernier coup en frottant se fait par le mouvement de la main de A en C, & que la main B arrivée en C quitte le tube dans la direction C D, sans s'en approcher de nouveau, ou

Notes sur la Ire. Leçon.

sans que la manche du juſt-au-corps s'en approche, le tube agira ſur les corps legers avec la même vigueur qu'auparavant. Mais ſi la main gauche étant arrivée en C, tombe en bas négligemment dans la direction C E parallelement au tube, & fort près du tube, ſoit que ce ſoit la main ou la manche de l'habit qui s'en approche trop, elle eſt cauſe que le tube fait un petit bruit, (que l'on n'entend pas ſans attention) & ainſi elle détruit la vertu excitée par le frottement dans toute la longueur du tube; comme la main A (*Planche 2. Figure 13.*) le fait dans le lieu, lorſqu'elle produit un pétillement, qui, comme je l'ai dit ci-devant, n'arrive pas deux fois dans le même endroit, ſans un nouveau frottement.

23. [41. — *Un globe de verre que l'on fait tourner*, &c.] Je ne puis pas paſſer ſous ſilence un *phénoméne* très-ſurprenant dans une des expériences de M. *Hawksbec.* Il couvrit avec de la cire à cacheter l'intérieur d'un hémiſphére de l'un de ſes globes de verre juſqu'à une épaiſſeur, qui le rendit parfaitement opaque : lorſqu'on eût pompé l'air de ce verre, & qu'on l'eût fait tourner partout où la main étoit appliquée extérieurement pour donner du frottement au verre, la cire devint auſſi tranſparente que le verre même; le reſte du globe où étoit la cire reſtant opaque, lorſqu'il ne touchoit pas la main, quoiqu'un moment auparavant il eut été tranſparent en paſſant ſous la main.

La 25e. *Figure* de la *Planche* 3. repréſentera la choſe parfaitement.

L'hémiſphére A C B du globe de verre G A C B eſt devenu opaque par un enduit intérieur de cire à cacheter, pendant que A G B eſt reſté tranſparent. On a pompé l'air de ce verre par le moyen du robinet D; enſuite on l'a placé entre les poupées E, F, on l'a fait tourner vivement par le mouvement de la roue K, dont la corde entoure une poulie P fixée à la bobeche de cuivre, dont la tige eſt l'axe du globe. *La vis H tire en-dehors l'autre poulie J, pour tenir la corde de la roüe toujours tendue.*

Lorſque la main eſt appliquée en C, on en voit le dedans à travers la cire dans le côté concave du globe enduit de cire, le reſte de la cire reſtant opaque; enſorte qu'on ne peut pas voir la main, lorſque l'œil eſt placé en Q, mais ſeulement lorſqu'étant en O, il regarde la main par la partie du verre qui n'eſt pas enduite en G.

M. *Etienne Gray*, qui a fait un plus grand nombre de différentes expériences électriques que tous les Philoſophes de ce ſiécle & du dernier ſiécle, a, depuis que j'ai commencé cet Ouvrage, trouvé différents nouveaux *phénoménes* dans l'électricité, dont on peut voir le détail dans les *Tranſactions Philoſophiques*, n°. 417.

Mais en faveur de ceux qui n'ont pas la facilité de lire les Tranſactions, je vais donner un abrégé de ſes découvertes.

1. Toutes les ſubſtances qui ne peuvent pas devenir électriques par le frottement, peuvent cependant recevoir une vertu électrique (comme il eſt viſible en ce qu'elles attirent & repouſſent les feuilles d'or) par le moyen d'un cylindre de verre frotté (ſoit qu'il ſoit ſolide ou percé) non-ſeulement en touchant le tube, mais encore par l'intermédiation d'un fil à de très-grandes diſtances, comme par exemple, de plus de 800 pieds. Et même ſi le tube ne touche pas le fil, mais qu'il ſoit ſeulement frotté tout-auprès, la vertu

électrique coulera le long du fil. Et ce qui eſt fort remarquable, à meſure que la vertu électrique coule le long d'un fil de chanvre, ce fil doit être ſoutenu par un cheveu ou par des fils de ſoie; car les fils de chanvre ou de lin, ou même de fer, qui le ſoutiendroient, arrêteroient la propagation de la vertu à quelque diſtance, en la recevant latéralement. NOTES ſur la Ire. Leçon.

2. De fort grandes ſurfaces, comme tables, napes, &c. s'imprégnent des écoulements électriques.

3. Une pierre d'aiman & un fer qui y eſt attaché, recevront la vertu électrique, qui par conſéquent n'eſt pas détournée par les écoulements magnétiques.

4. L'électricité peut ſe porter de différents côtés en même-tems, ſans que le fil de communication touche le tube; comme à deux balles d'yvoire aux deux extrémités d'un fil très-long, en frottant le tube auprès du milieu du fil.

5. L'attraction électrique reçuë n'eſt pas proportionnelle à la quantité de matiére dans les corps, un cube ſolide & un cube creux de bois attirant autant l'un que l'autre.

6. Les écoulements ſont auſſi portés tout-autour d'un cercle, & ſe communiquent d'un cercle à l'autre.

7. Cette vertu ſe communique aux feuilles des arbres, & même aux fluides, comme aux balles de l'eau de ſavon.

8. Les animaux reçoivent auſſi cette vertu. Un homme ſuſpendu horizontalement par deux cordons de poil, attire & repouſſe une feuille d'or avec ſon viſage & ſes mains. Si l'on frotte le tube auprès de ſes pieds, & même à l'extrémité d'une ligne de pêcheur, il attirera & repouſſera une balle. Il eſt remarquable que la vertu eſt plus forte dans la partie du corps imprégné, la plus éloignée du tube; car ſi l'on tient le tube frotté au-deſſus de la tête, ce ne ſera pas la tête, mais la face qui alors attirera, & au contraire. Si l'homme touche ſeulement le plancher avec une petite cane, ou un fil de fer, la vertu roule vers le plancher, & l'homme n'eſt plus électrique. Ainſi étant ſuſpendu par une corde de chanvre, la vertu s'en va au plancher ſupérieur.

9. Si deux enfans ſont ſuſpendus comme ci-devant par des cordons de poil, & à une diſtance conſidérable l'un de l'autre, la vertu peut ſe communiquer de l'un à l'autre par un fil, qu'ils tiennent tous deux, ou qui eſt attaché à leurs habits; l'électricité étant toujours plus forte dans celui qui eſt à la plus grande diſtance du tube.

10. M. *Etienne Gray* a trouvé depuis, que ſi un homme eſt placé ſur un gâteau de réſine ou de verre, ou de quelque autre ſubſtance, qui ſoit d'elle-même électrique, ou qui le devienne par le frottement, l'effet ſera le même que s'il étoit ſuſpendu par un cordon de poil. Enſorte que ſi un régiment entier de ſoldats étoit ſur une ligne, & que chacun étant ſur un gâteau de réſine tînt ſon voiſin par la main, ou que ſeulement il communiquât avec lui par un fil, je ne doute pas qu'ils ne fuſſent tous imbus de la vertu électrique, & que le tube étant frotté auprès du premier homme, le dernier n'attirât & ne repouſſât une feuille d'or avec ſa main, ſon viſage ou ſes habits.

11. On a auſſi trouvé que l'électricité ſe communique à travers les corps denſes & fort grands.

NOTES sur la Ire. Leçon.

24. [42. — *Quoique leurs cauſes ne ſoient pas connuës*, &c.] Lorſque les Généalogiſtes, en cherchant l'origine des familles, ſont arrivés auſſi loin qu'ils le peuvent, & qu'ils ont trouvé le premier de la famille qui a porté un tel nom, ne pouvant découvrir qui étoit ſon pere ou ſa mere; il ſeroit fort abſurde de dire que parce qu'on ne connoît pas le pere de celui-ci (que nous appellerons par exemple *Jean*), il s'enſuit que *Jean* n'eſt pas pere de *Pierre*, grand-pere de *Guillaume*, & biſayeul de *Nicolas*, &c. comme on l'avoit prouvé auparavant avec toute l'évidence qui convient à de pareils cas.

Ainſi lorſque l'on voit clairement par obſervation, que la gravité eſt la cauſe de la chute des corps peſants, qui obſervent certaines loix dans leurs mouvements; qu'un corps peſant par ſa chute meut l'eſſieu d'une roue, laquelle en conduit une autre circulairement par l'engrainement de ſes dents, que celle-ci par l'intermédiation d'autres roues & pignons, conduit l'aiguille d'une montre pour meſurer le tems, ou pour d'autres uſages; ce ſeroit être bien peu Philoſophe, de dire que nos raiſonnements ſur le mouvement de l'aiguille ſont faux, comme étant appuyés ſur des *qualités occultes*; parce que nous ne pouvons pas remonter plus haut qu'à la peſanteur, dont nous ne prétendons pas connoître la cauſe.

LEÇON II.

1. LE *moment* ou la *quantité de mouvement* dans les corps (qu'on appelle quelquefois simplement *mouvement*) est la force avec laquelle les corps changent de place.

Je n'entends pas par-là le coup, la pression, l'attraction, ou toute autre action qui cause ce changement de place dans un corps; mais la force qu'il a pendant tout le tems qu'il se meut d'un lieu à un autre.

2. CETTE *force mouvante* peut se connoître aussi par l'effet qu'elle est capable de produire; c'est-à-dire, par le coup que le corps mouvant peut donner, ou par la résistance ou obstacle qu'il est capable de surmonter.

3. CETTE quantité de mouvement, qui est la mesure de la force, est composée de la quantité de matiére & de la vîtesse prises ensemble; c'est-à-dire, que lorsqu'on compare les *momens*, les forces mouvantes, ou les quantités de mouvement dans les corps, on multiplie la masse ou la quantité de matiere dans chaque corps par sa vîtesse. * Note 1.

4. LA *vîtesse* ou *celerité*, est la promptitude avec laquelle un corps qui se meut change de place; & l'on peut toujours la connoître par l'espace que le corps décrit dans un tems donné.

5. LA quantité de mouvement peut croître, ou par l'accroissement de la quantité de matiere qui se meut avec une vîtesse déterminée; ou en conservant la même quantité de matiere, & augmentant la vîtesse, ou en augmentant l'une & l'autre; & cela se fait dans ces trois cas, en appliquant plus de force; car ici *force* * & *mouvement*, signifient la même chose. * Note 2.

6. LE mouvement d'un tout quelconque, est la somme des mouvemens de toutes ses parties, & par conséquent (comme on l'a dit ci-devant) il devient double dans un corps double qui se meut avec une vîtesse égale, & quadruple dans un corps double qui se meut d'une vîtesse double.

LEÇON II.

7. Si un homme avec une force déterminée jette loin de lui un poids de cinquante livres à la distance de dix pieds, il faut qu'il applique une force double pour jetter un poids de cent livres à la même distance, ou pour jetter le poids de cinquante livres deux fois aussi loin : mais s'il n'employe pas plus de force qu'auparavant, il ne pourra jetter le poids de cent livres qu'à la distance de cinq pieds, & alors les deux corps auront la même quantité de mouvement, parce que cinquante multiplié par dix, ou cent multiplié par cinq, donnent le même produit, qui est cinq cens.

EXPÉRIENCE I. *Planche 4. Figure 1.*

Planche 4. Figure 1.

8. ABCDE est un instrument inventé pour éclaircir ce que l'on vient de dire, & pour distinguer le mouvement & la vîtesse que quelques Auteurs ont confondu. Les canaux BD, CE, sont faits de maniere que les poids cylindriques bien polis K ou L (l'un de 8 & l'autre de 4 onces) puissent s'y mouvoir avec fort peu de frottement. Soit bandé le ressort AB jusqu'à un certain dégré, en faisant couler le nœud du fil attaché en B sur la coche de fer F; placez ensuite le poids L en B, qui en laissant partir le ressort par l'élevation du nœud, sera poussé de B au point J, qui est à 24 pouces de B. Si l'on pousse de la même maniere le cylindre K, il n'arrivera qu'en H à 12 pouces de B.

Il est évident que la quantité de mouvement est la même dans les deux corps, puisque le ressort est également bandé dans les deux cas; & il est clair que ces quantités de mouvement sont composées des masses multipliées par les viteſſes, puisque L = 4 onces × par BJ (24) sa viteſſe donne 96, égal à K (8 onces) × BH (12) sa viteſſe.

Mais si vous voulez pousser K aussi loin que le point J, où L a été poussé, il faut bander le ressort avec une double force, & alors K aura un mouvement double de celui qu'il avoit. N. B. *On fait cette experience plûtôt pour éclaircir cette matiere, que pour en faire une preuve.*

Il faut bien se garder de tirer des conséquences de cette experience, parce que le succès en est different selon les circonstances. Si les poids cylindriques sont placés en sorte qu'ils touchent le ressort lorsqu'il est bandé, le poids K (de 8 onces) sera poussé plus loin qu'à la demie distance où L (de 4 onces) est poussé, & cela arrivera par les raisons que nous en donnerons dans la 4e. note sur la Leçon 5. mais si les deux poids sont placés à quelque distance du

ressort bandé, ensorte que le ressort puisse donner un coup subit, & ne pas agir long-tems sur les cylindres, alors l'expérience réussira. N. B. *on doit trouver cette distance par expérience.*

Planche 4. Figure 1.

9. DELA il suit qu'un petit corps peut avoir autant de mouvement qu'un grand corps, quelque disproportionnés qu'ils soient, pourvû que les vitesses qui leur sont données soient réciproquement proportionnelles à leurs masses; c'est-à-dire, que le petit corps ait d'autant plus de vitesse par rapport au grand, qu'il a moins de matiere.

Delà vient que depuis l'invention de la poudre, les beliers ne sont plus en usage dans la guerre; car ces machines & les autres également pesantes, étant conduites par un grand nombre de mains, & se mouvant contre un mur avec peu de vîtesse, ne faisoient pas plus d'effet qu'en fait aujourd'hui un petit boulet de canon, pendant qu'il ne faut que trois ou quatre hommes pour servir le canon. Si le boulet B (*planche 4. fig. 2.*) pesant 36 livres est pousse hors du canon C contre le mur AHGE, ensorte qu'il le frape en L, il produira le même effet que le belier R, qui pese 41112 livres, pourvû que le boulet de canon se meuve autant de fois plus vîte qu'il a moins de matiere. *Voyez-en le calcul dans les notes.* *

* Note 3.

Si une petite balle de fusil se mouvoit avec autant de vîtesse que la lumiere, elle frapperoit aussi fortement un obstacle immobile, qu'un boulet de canon 700000 fois aussi gros; parce que la lumiere se meut 700000 fois plus vîte qu'un boulet de canon. La lumiere employe environ 8 minutes pour venir du soleil, & un boulet de canon emploiroit dix ans à parcourir le même espace.

10. COMME la quantité de matiere dans un corps qui se meut, étant multipliée par la vîtesse, nous donne la quantité de mouvement; ainsi la quantité de mouvement divisée par la vîtesse, nous donne la quantité de matiere; & divisée par la quantité de matiere, elle nous donne la vîtesse. Si différens corps de différens poids se meuvent d'une vîtesse égale, leurs mouvemens seront entr'eux comme leurs quantités de matiere.

11. DELA on peut tirer un argument insoluble pour le vuide; car si tous les corps faisant abstraction de la résistance de l'air, se meuvent en bas avec la même vîtesse, comme on l'a prouvé (Leç. 1.

LEÇON II.

n°. 8, 9), leurs mouvemens comparés entr'eux seront respectivement comme leurs quantités de matiere; mais le *mouvement en bas*, ou la force qui les pousse vers la terre, est leur *gravité*: Nous trouverons donc la quantité de matiere dans chaque corps par sa gravité, qui doit toujours lui être proportionnelle. Maintenant si deux corps d'un égal volume pesent différemment, comme l'expérience nous l'apprend, il doit y avoir des vuides répandus dans celui qui est plus leger: Par exemple, s'il y a deux pouces cubiques A & B (*pl. 3. fig. 7.*) & que le cube A soit d'argent, pendant que le cube B est de liege, on trouvera que A pese 40 fois plus que B: donc B contient quarante fois moins de matiere, & devroit être quarante fois moindre en volume, s'il n'avoit pas des vuides. Car si l'on répond que les vuides ou pores du liege sont remplis d'air & de matiere subtile, cet air & cette matiere subtile avec le liege, devroient peser autant que l'argent *, ou les deux cubes ne sont pas également pleins.

* Note 4.

12. TOUT l'effet des instruments méchaniques (qui communiquent ou arrêtent le mouvement, ou surmontent une résistance) dépend de ce qu'on a dit ci-devant n°. 9.

Si un petit poids doit en soutenir un grand, il faut trouver le moyen de donner au petit d'autant plus de vîtesse par rapport à celle du grand, qu'il a moins de matiere, & alors sa force étant égale à celle du grand, il le soutiendra, s'ils se meuvent dans des directions contraires, parce qu'alors des forces égales se détruiront mutuellement. C'est ce que l'on fait par l'invention des machines & par la maniere de les appliquer. Car si la vîtesse du grand poids est déterminée, aussi-bien que sa quantité de matiere, & la quantité de matiere du petit, il faut que la vîtesse du petit (qui dans ce cas se nomme la puissance) soit augmentée dans la proportion précedente. Mais si la vîtesse de la puissance est déterminée, il faut diminuer celle du poids dans la même proportion. Les machines à ce dessein ayant toujours été inventées, enforte que le poids ou la puissance puissent s'y appliquer de maniere à rendre leurs vîtesses réciproquement proportionnelles à leurs masses.

EXPÉRIENCE II. *Planche 4. Figure 3.*

Planche 4. Figure 3.

13. SOIT AB un levier ou balance divisée en 20 parties égales; dont le centre de mouvement est en C; si le poids W de 200 livres

livres eſt ſuſpendu par un crochet immobile en A, & ſi l'on veu le tenir en équilibre par le moyen de la puiſſance ou du petit poids P de 50 livres, il eſt clair que ce petit poids n'a pas aſſez de force en E pour ſoutenir le poids W, parce que dans le mouvement du levier, les points E & A décrivent non-ſeulement des arcs ſemblables, mais des arcs égaux E *e* & A *a*; enſorte que W ſe mouvant d'un pouce, P ne ſera mû que d'un pouce; & puiſque les vîteſſes étant égales, les quantités de mouvement ou les forces ſont comme les maſſes (N°. 10.) le poids W aura toujours une force ſupérieure, ayant une maſſe quadruple de P. mais ſi l'on éloigne P vers B, il décrira un arc ſemblable, mais 4 fois plus grand que celui que W décrit; c'eſt-à-dire, qu'il deſcendra 4 fois auſſi vîte que W montera. Si donc ſa vîteſſe eſt 4, & ſi celle de W n'eſt que 1, P ou 50 multiplié par ſa vîteſſe, 4 donnera 200; ce qui eſt égal au produit de W, ou 200 multiplié par ſa vîteſſe 1.

14. MAIS ſi la puiſſance P avoit été immobile en E, & le poids W mobile, on auroit eu l'équilibre en diminuant la vîteſſe du poids, & l'approchant vers D, ou étant 4 fois plus près du centre que P, il auroit 4 fois moins de vîteſſe.

15. SI les deux poids avoient été immobiles, & que P n'eût eu que $12\frac{1}{2}$ livres, il auroit fallu augmenter la vîteſſe de P, en l'éloignant à la 16e. diviſion B, en même-tems qu'on auroit diminué celle de W, en l'approchant vers D à la premiere diviſion de l'autre côté du centre; car alors W (200) multiplié par D C (1) qui eſt proportionnel à ſa vîteſſe, auroit donné 200, qui eſt égal au produit de P ($12\frac{1}{2}$) multiplié par B C (16) ſa diſtance au centre, qui exprime ſa vîteſſe. Si donc on donne à la puiſſance un peu plus de vîteſſe, qu'en raiſon réciproque des maſſes, elle aura plus de force que le poids, & par conſéquent elle l'élevera, au lieu de le ſoutenir comme auparavant.

16. C'EST ainſi que par le moyen d'un levier, un homme dont la force naturelle n'excede pas 200 livres, peut acquérir autant de force relative qu'il en faut pour élever une pierre de 2000 livres, en appliquant ſon levier, enſorte qu'il rende la vîteſſe de la pierre dix fois moindre que n'eſt celle de ſon corps à l'extrémité oppoſée du levier, qui dans ce cas ſera dix fois plus éloigné du point d'apui,

LEÇON II.

que n'eſt l'endroit où la pierre eſt appliquée. Car ſi un homme par ſa force naturelle ne peut élever que 200 livres avec une vîteſſe déterminée, il n'y a point de machine au monde qui puiſſe le rendre capable d'élever 2000 livres avec la même vîteſſe ; mais il doit en venir à bout avec la 10e. partie de cette vîteſſe. S'il employe 10 ſecondes de tems à élever 200 livres à dix pieds, & s'il veut élever une pierre qui peſe 2000 livres par un levier dont les *bras* (ou les longueurs de chaque côté du centre du mouvement) ſont comme 10 & 1, il doit ſe mouvoir de 10 pieds à l'extrémité du long bras du levier, pendant que la pierre ſe meut d'un pied ; ce qui revient au même que ſi la pierre étant coupée en dix parties, le même homme les élevoit chacune ſucceſſivement à un pied de hauteur, ce qui produiroit préciſément le même travail que lorſqu'il les éleve toutes-à-la-fois avec le levier. * *On ne peut pas changer la nature ; lorſqu'on veut gagner ſur la force, on perd ſur le tems ; & lorſqu'on veut gagner du tems, on doit employer plus de force.* *

Planche 4. Figure 3.

* Note 5.

* Note 6.

17. Si la vîteſſe du poids auſſi-bien que ſa quantité de matiere, eſt déterminée, & ſi la vîteſſe de la puiſſance l'eſt auſſi, alors ſuppoſé que la puiſſance ne ſoit pas capable d'élever le poids, on doit y joindre plus de matiere, juſqu'à ce que le produit de toute ſa maſſe multipliée par ſa vîteſſe, ſoit égal au produit de la maſſe du poids par ſa vîteſſe. Si par exemple le poids W (*pl.* 4. *fig.* 3.) étant toujours ſuppoſé de 200 livres, eſt fixé en A, & que la puiſſance P qui n'eſt que de 12½. livres ſoit fixée en B, il n'eſt pas poſſible de ſoutenir ce poids avec cette puiſſance, à moins que ſa quantité de matiere ne ſoit quadruplée, ou de 50 livres, & alors 50 × 16 ſera égal à 200 × 4, parce qu'ici les diſtances ſont comme les vîteſſes.

Il eſt queſtion quelquefois de donner à un corps peſant ou à un poids, un dégré de vîteſſe conſidérable ; comme lorſque les Anciens ſe ſervoient pour lancer de groſſes pierres de ces eſpeces de *baliſtes* qu'ils nommoient *Scorpions* *, alors la puiſſance doit être conſidérablement plus grande que le poids ; car comme elle eſt appliquée plus près du centre du mouvement que le poids que l'on veut lancer, elle doit être plus peſante en raiſon réciproque de ces diſtances, lorſqu'on veut ſeulement ſoutenir le poids, & beaucoup plus peſante lorſqu'on veut donner au projectile une vîteſſe ſuffiſante. * Mais on comprendra mieux tout cela, lorſque nous aurons examiné les puiſſances méchaniques, & les uſages

* Note 7.

* Note 8.

des machines ſimples & compoſées : Pour y parvenir, il nous faut expliquer quelques termes, & nous former l'idée de quelques vérités que tout Machiniſte doit connoître. LEÇON II.

Planche 4. Figure 3.

DE'FINITIONS.

18. ON appelle *Poids*, tout corps que l'on doit ſoutenir, élever ou abaiſſer, pouſſer ou tirer, ou mouvoir en quelque maniere que ce ſoit ; de ſorte que l'expreſſion *élever un poids*, a beaucoup d'étendue dans la méchanique. On l'applique quelquefois à l'impulſion des pilotis dans la terre, à l'action par laquelle on arrête un corps en mouvement, à l'écoulement de l'eau, &c.

19. ON appelle *Puiſſance* tout ce qui ſert à élever un poids dans le ſens précédent, ſoit que la puiſſance ſoit elle-même un corps peſant, un reſſort, le mouvement de l'eau, de l'air, de la flamme, ou la preſſion de la vapeur que le feu éleve des liquides, ou la force d'un animal qui agit par ſon effort, ou par ſon poids, ou par l'un & l'autre.

20. L'*intenſité d'une puiſſance* eſt ſa force abſolue ; c'eſt-à-dire, ſa force, en ſuppoſant ſa vîteſſe égale à celle du poids ; car ſa force *mouvante* ou *agiſſante* peut devenir plus grande ou plus petite, ſelon que ſa vîteſſe eſt augmentée ou diminuée à l'égard de celle du poids ; comme par exemple.

Si la puiſſance eſt un homme, & qu'il puiſſe élever de terre un certain poids, ce poids exprimera l'*intenſité de la puiſſance*, ou lui ſera égal ; car en ce cas quelque machine que l'on employe, la partie de la machine où le poids eſt dûement appliqué, ſera mue préciſément auſſi vîte que celle où l'homme agit avec toute ſa force. De ſorte que ſi un homme peut preſſer ſur le point E à la quatriéme diviſion de la balance A B avec la force de 200 livres, il ſoutiendra préciſément le poids W ou 200 livres, s'il eſt ſuſpendu auſſi loin de l'autre côté du centre du mouvement.

21. LA ligne de direction eſt celle dans laquelle une puiſſance ou un poids agit, ou fait effort pour agir. * * Note E.

22. UNE puiſſance peut agir dans une direction quelconque ; mais un poids n'a qu'une direction, qui eſt vers le centre de la

LEÇON II.

terre, vers lequel centre tous les corps pesants font effort pour descendre, & descendent effectivement, lorsque rien ne les en empêche : ensorte que la *ligne de direction* d'un poids, est une ligne tirée de son centre de gravité au centre de la terre.

Planche 4 Figure 3.

23. LE *centre du mouvement* est le point autour duquel un corps ou une machine se meut, ou fait effort pour se mouvoir, lorsqu'il ne le peut, ou qu'il ne tourne pas tout-à-fait rond; & dans ce cas tous les points du corps décrivent des cercles, ou des arcs de cercles, autour du centre du mouvement. *On peut prendre ce centre partout où l'on veut, selon la construction de la machine.*

24. LE *centre de gravité* est un point autour duquel toutes les parties d'un corps sont en équilibre. On le regarde comme le milieu du poids d'un corps, quoique souvent il ne soit pas au milieu du corps même; & si le corps est suspendu par ce point, il restera suspendu dans toute sorte de position; sans cela le centre de gravité descendra toujours aussi bas qu'il pourra.

EXPÉRIENCE III. *Planche* 4. *Fig.* 4.

Planche 4. Figure 4.

25. BQ est une planche ronde suspendue par son centre C aux points des calibres à ressort A. En tournant la planche circulairement, les deux points qu'on y a marqué K & Q, décrivent les cercles K*k*, & Q*q* autour du centre du mouvement C, qui est ici le centre de grandeur : Si le centre de mouvement étoit pris dans un autre point qui ne fût pas le centre de grandeur, comme en *c* (*pl.* 4. *fig.* 5.) les points K & Q décriroient toujours des cercles autour du centre de mouvement, quoique le centre de grandeur ne fût pas alors leur centre commun, mais il décriroit lui-même un cercle comme C*d* autour de *c*, centre de mouvement. Si le corps suspendu ne va pas tout-à-fait circulairement, comme ici le côté R qui est arrêté par le sommet des calibres en *q*, au lieu des cercles, les points Q, K & C ne décriront que des arcs de cercles Q*q*, K*k*, C*d*.

26. SI C (*pl.* 4. *fig.* 4.) est le centre de gravité du corps, & que le corps soit suspendu par ce centre, si on le fait tourner autour de ce point, il s'arrêtera dans toutes les positions des points K & Q, & il restera en repos; mais s'il est suspendu par le point *c*, (*fig.* 5.)

qui n'eſt pas le centre de gravité, alors c deſcendra auſſi bas qu'il pourra. LECON II.

Mais *ſi le centre de gravité c* (pl. 4. fig. 6.) *étoit placé directement au-deſſus du centre de mouvement K, le corps reſteroit dans cette poſition*; parce que comme le centre de gravité fait effort pour deſcendre dans la ligne *c* K, qui eſt la ligne de direction du corps (dans laquelle ligne le point K eſt ſoutenu) il preſſe directement ſur le point K qui eſt porté par les calibres; *mais ſi le corps ſe mouvoit encore tant ſoit peu*, enforte que le centre de gravité *c* vînt à tourner vers *d* ou vers *e*, le corps *tourneroit, & ne ſeroit en repos que lorſque le centre de gravité ſeroit arrivé en* M directement *au-deſſous du centre du mouvement*, le corps tombant dans la poſition *e d f*. Planche 4. Figure 6.

EXPÉRIENCE V. *Planche* 4. *Fig.* 8.

27. ON peut tirer delà une méthode pour trouver méchaniquement le centre de gravité de toute ſorte de corps. * Soit A B (pl. 4. fig. 8.) un corps dont on veut trouver le centre de gravité. Si on le ſuſpend par un point comme A, enſorte qu'il ſe meuve librement ſur la pointe qui eſt en A, & qu'on ſuſpende à la même pointe une ligne à plomb A P, ſon centre de gravité C ſera endeſſous ou plûtôt derriere cette ligne, parce qu'il doit tomber au-deſſous du centre de mouvement A: Soit cette ligne A B marquée ſur ce corps, comme dans la *figure* 9; ſuſpendez enſuite le corps par un autre point, comme F; pourvû que le centre du mouvement ne ſoit pas dans la ligne précédente A B; ſuſpendez-y le fil à plomb en F, & la ligne F D ſous le fil à plomb F P, coupera la ligne A B, & déterminera le centre de gravité en C; car puiſqu'il doit être tant dans la ligne A B, que dans la ligne F D, il ne peut être que dans le point C où elles ſe coupent. Planche 4. Figure 8. * Note 9.

N. B. *Nous n'avons pas fait attention ici à l'épaiſſeur du corps; mais ſi l'on ſuppoſe que ce ſoit une planche, comme la figure le repréſente, on n'a qu'a faire la même expérience de l'autre côté, & l'on trouvera un autre point C directement oppoſé au premier C. La ligne qui joint ces deux points ſera* l'axe de gravité, *& le milieu de cette ligne le centre de gravité.*

28. DELA il ſuit auſſi, que quelle que ſoit la figure d'un corps, il ne peut tomber ſi ſon centre de gravité eſt ſoutenu, & que lorſqu'un corps eſt en équilibre, ſon centre de gravité doit être

Leçon II.

dans une ligne qui passe par le centre du mouvement & par le centre de la terre, qui est la ligne de direction des corps pesants dont on a parlé ci-devant. (n. 22.) Ainsi dans la *fig.* 7. pl. 4. où la pipe de tabac est en équilibre sur un doigt, le point c qui est précisément sur le doigt, est le centre de gravité.

Expérience V. *Planche* 4.

Planche 4.

29. Dans les corps qui sont réguliers & homogenes, le centre de gravité est précisément au milieu du corps, c'est-à-dire dans son centre de grandeur; comme on voit dans le corps A B (*fig.* 4.) qui étant suspendu par son centre de grandeur C, & ensuite tourné circulairement, reste toujours dans la position où l'on veut l'arrêter; mais dans la *fig.* 5 où le même corps est suspendu par un autre point *c*, il ne reste en repos que lorsque le point C est venu en bas au-dessous de *c*, ou lorsqu'il est directement au-dessus, comme nous l'avons dit ci-devant. Mais si le même corps, que l'on a supposé être une piece circulaire de bois (par exemple de chêne) étoit plus dense dans une partie que dans l'autre, ou si on le rendoit tel en fondant un morceau de plomb dans le bois comme en M (*fig.* 6.) le centre de gravité ne seroit plus en C, mais en K; & ce ne seroit qu'autour de ce point de suspension, que le corps resteroit dans toute position donnée. Si le corps étoit suspendu par le point C, il ne seroit en repos que dans deux positions; sçavoir, lorsque le plomb étant porté en *l*, le centre de gravité seroit en *c*, (n. 24.) ou lorsque le plomb est en M, & le centre de gravité en K. Si le corps étoit homogéne sans être régulier, le centre de gravité seroit aussi alors différent du centre de grandeur. Par exemple si l'on prend la pipe de la *fig.* 7. & qu'on la rompe à son centre de gravité C, on trouvera en pesant successivement les deux fragmens, qu'il y a plus de matiere dans la partie CB que dans l'autre morceau A C.

30. Comme tous les corps que l'on considere dans la méchanique, ne sont qu'un amas de plusieurs autres corps ou parties, le centre de gravité d'un corps n'est que le centre commun de gravité de toutes ses parties: & par conséquent si l'on réunit plusieurs corps dans une machine, ou s'il y a une combinaison de corps à soutenir, on ne fait plus attention aux centres particuliers de gravité des différents corps qui forment le total, mais seulement

au centre de gravité du tout. Ainſi un moulin à vent doit être ſupporté ſous le centre commun de gravité de toutes ſes parties, & ſa ligne de direction doit tomber le long de l'axe autour duquel il ſe meut : & une grue ſur un quai ou un chantier (lorſque toute la machine tourne circulairement) doit avoir la ligne de direction dans ſon axe. * Leçon II.

* Note 16.

Expérience VI. *Planche* 4. *Figure* 10.

31. Que la ligne A B repréſente une verge unie, ou un fil de fer diviſé en deux parties égales au point C, ſon centre de gravité ſera en C (n. 29.) Et ſi l'on place deux corps également peſants à ſes deux bouts, enſorte qu'ils ayent leurs centres de gravité à la même diſtance de C, ils ſeront en équilibre autour de ce point, qui deviendra alors leur centre commun de gravité, & il continuera de l'être, ſoit que les corps s'en approchent, ou s'en éloignent, à proportion de leurs maſſes. La même choſe arrivera ſi les corps ſont inégaux comme A & *b*, leurs maſſes étant l'une à l'autre comme deux & un, pourvû que le plus grand ſoit en A deux fois plus près du centre commun de gravité *c* que le plus petit corps *b* : & *c* ſera toujours le centre de gravité de ces corps, quand même ils s'écarteroient à des diſtances immenſes l'un de l'autre, pourvû que leurs diſtances à ce point ſoient en raiſon réciproque de leurs maſſes, comme nous l'avons dit ci-devant. Planche 4. Figure 10.

32. Ensorte que lorſque deux corps s'approchent ou s'éloignent l'un de l'autre, avec des vîteſſes réciproquement proportionnelles à leurs maſſes, leur centre de gravité reſte en repos. Et ſi les corps étant attachés à un fil de fer, leur centre de gravité eſt ſoutenu ſur un pivot ou ſur une pointe, quoiqu'on faſſe tourner vivement ces corps autour du centre de gravité, & l'un autour de l'autre, ce centre reſtera en repos, * & ces corps décriront des cercles ſemblables autour de ce centre de gravité, & l'un autour de l'autre, l'un ne pouvant jamais l'emporter ſur l'autre (N. 25.) S'ils ſont portés en avant de quelque maniére que ce ſoit par une force extérieure qui agit ſur eux à proportion de leurs maſſes, leur centre de gravité s'avancera uniformément en ligne droite, & aura le même mouvement que ſi les deux corps étoient réunis dans le même centre : Et s'ils ſont jettés, leur centre de gravité décrira la même courbe que tous les projectiles, ſoit que

* Note 11.

LEÇON II.

Planche 4.

Figure 10.

dans leur mouvement ils tournent circulairement, ou qu'ils ne tournent pas l'un autour de l'autre. Cela eſt évident dans le mouvement d'une fléche, de deux boulets liés par une chaîne ou par une barre de fer, ou d'un bâton jetté avec la main, le centre de gravité de tous ces corps ſe mouvant de la même maniére que feroit une balle ſeule. C'eſt ainſi que la lune & la terre, dans leur mouvement autour du ſoleil, ne décrivent ni l'une ni l'autre le grand orbe, qui eſt décrit par leur centre commun de gravité, de la même maniére qu'elles le feroient ſi elles étoient toutes deux unies dans ce point, ou de la même maniére que la terre ſeule eſt ſuppoſée le faire, lorſqu'on ne fait pas attention à ces inégalités de mouvement : & pourvû que leurs diſtances à leur centre commun de gravité ſoient réciproquement proportionnelles à leurs maſſes, leurs diſtances mutuelles pourront être plus grandes ou plus petites en proportion quelconque : s'il n'y avoit point d'autres corps dans notre ſyſtême que la terre & la lune qui tournaſſent l'une autour de l'autre, leur centre de gravité ſeroit toujours en repos.

EXPÉRIENCE VII. *Planche* 4. *Figure* 11.

Planche 4.

Figure 11.

33. SI aux deux corps A & B, on en ajoute un troiſiéme en D, égal à l'un des autres, ſoient A & B réduits à leur centre commun de gravité, & conſidérés comme un ſeul corps égal aux deux, & placé en C ; alors le centre commun de gravité de C & D, ſe trouvera en K, d'autant plus près de C, que la maſſe du corps ou des corps en C ſurpaſſe celle du corps en D. Si le nouveau corps ne peſoit que la moitié autant que l'un des autres, il faudroit l'éloigner en *d*, de maniére que la diſtance K *d* fût quadruple de K C. Maintenant ſi C D étoit un fil de fer, & qu'il fût ſoutenu ſous K, les trois corps, ſoit qu'on prenne D ou *d*, ſeroient ſoutenus par ce moyen ; on doit ſeulement, en prenant le centre de gravité exactement en K, ne pas faire attention au poids du fil de fer, dont on ſuppoſera l'épaiſſeur diminuée à l'infini ; enſorte qu'on ne regardera ce fil que comme une ligne mathématique ſans ſubſtance ou péſanteur.

EXPÉRIENCE VIII. *Planche* 4. *Figure* 12.

34. SI ſur ce centre de gravité des trois corps, on place un corps

corps triangulaire plat *abc*, avec ſon centre de gravité préciſément au-deſſus de K; enſuite un quarré comme *degf*, enſuite un corps circulaire comme *hli*, tous de la même maniére; le tout ſera toujours ſoutenu par le point d'apui K. Par où l'on voit que ſi tout le poids d'un corps eſt réduit à ſon centre de gravité, il agira comme un corps peſant, c'eſt-à-dire, qu'il gravitera préciſément de la même maniére qu'il le faiſoit auparavant.

Planche 4. Figure 12.

35. SI ces trois corps réunis, ou agiſſant l'un ſur l'autre d'une maniére proportionnelle à leurs maſſes, ſont portés autour de leur centre commun de gravité; ce point reſtera en repos par la même raiſon que cela arrive à l'égard de deux corps; parce qu'un nombre quelconque de corps peut à cet égard ſe réduire à deux. Ainſi dans notre ſyſtême où le ſoleil & toutes les planétes ſe meuvent autour de leur centre commun de gravité, ce centre eſt en repos au milieu du ſyſtême; quoique nous regardions ordinairement le ſoleil comme immobile au milieu du monde; parce que comme il a incomparablement plus de matiére que toutes les planétes priſes enſemble, ce centre ſera toujours fort près du centre du ſoleil.

36. IL arrive ſouvent que le centre de gravité d'un corps, ou d'un ſyſtême de corps, n'eſt pas au-dedans du corps même, ou d'aucun des corps combinés; cependant nous devons avoir le même égard à ſon appui, à ſa chute ou à ſon mouvement dans une direction, que ſi ce centre de gravité étoit dans le corps même. Par exemple ſuppoſons que les corps A & *b* (*Planche* 4. *Figure* 10.) ſont à la diſtance A*b* l'un de l'autre, & que *ab* n'eſt plus un fil de fer, mais une ligne A*b* repréſentant leur diſtance; nous trouverons que leur centre de gravité eſt en *c* hors des corps. Et ſi au lieu du fil de fer C D (*Figure* 11.) nous ſuppoſons que le corps D eſt joint aux deux corps A & B par les fils de fer A D & B D, le centre de gravité qui eſt en K, ne ſera ni dans les corps ni dans les fils de fer; enſorte que ſi l'on veut ſoutenir ces corps, il faudra ſoutenir l'un d'eux, ou une partie du fil en G, qui étant devenu le centre du mouvement, le centre de gravité K (ſi les corps ſont ſuſpendus librement) tombera préciſément au-deſſous, ou ſi l'on ſoutient le point H, les corps ſeront en repos, à raiſon du centre de gravité qui ſera préciſément au-deſſus de H, centre du mouvement. Dans l'anneau A B H (*Figure* 13.) le centre de gravité n'eſt dans

LEÇON II.

aucune de ſes parties, mais on peut le ſoutenir par un autre point, comme O ou E, &c. C'eſt ainſi que l'anneau de *ſaturne* a ſon centre de gravité dans le corps de *ſaturne*. Et quoique le centre commun de gravité du ſoleil, de la lune & de la terre, ſoit en-dedans du corps du ſoleil, cependant le centre commun de gravité de la lune & de la terre, n'eſt ni dans l'un ni dans l'autre de ces corps, mais entre les deux.

Planche 4. Figure 13.

37. PUISQUE OE eſt la ligne de direction, il eſt évident que dans chaque poſition d'un corps ou d'une combinaiſon de corps, *ſi le point de ſuſpenſion ou le centre de mouvement eſt dans une partie de la ligne de direction, le corps ou les corps reſteront dans cette poſition; autrement le centre de gravité deſcendra auſſi bas qu'il pourra, & par ſon mouvement il altérera la poſition du corps.*

EXPÉRIENCE IX. & X.

38. PLUSIEURS *phénoménes* ſurprenants dépendent de ce principe; par exemple le double cone ou fuſeau ACBD (*Figure* 14.) étant placé en E ſur la partie inférieure des regles EF, montera de lui-même vers EF, quoique ces extrémités ſoient élevées aux hauteurs FG par les deux vis FG, & par ce moyen il paroîtra ſe mouvoir en haut. Le cylindre M (*Figure* 15.) dont le centre de gravité eſt au milieu de la ligne KO, roulera actuellement en haut ſur le plan incliné AC; pourvû qu'on l'empêche de gliſſer par le moyen de la corde R*r*. On verra dans les Notes * combien FG (*Figure* 14.) doit être élevé à proportion de la grandeur du fuſeau ABCD, ou BC à proportion du cylindre M (*Figure* 15.)

* Note 12.

39. MAIS avant que de parler plus au long de ces *phénoménes*, il eſt à propos de faire voir comment on peut trouver le centre de gravité de deux ou pluſieurs corps.

Dans deux corps il eſt dans la ligne qui joint leurs centres particuliers de gravité, & on le trouve par cette analogie :

Comme la maſſe ou quantité de matiére qui eſt dans les deux corps :
Eſt à la maſſe de l'un des corps :: :
Ainſi la diſtance des centres de gravité des corps :
Eſt à la diſtance du centre commun de gravité au centre de gravité de l'autre corps.

Par exemple, ſi l'on ſuppoſe que les corps A & B (Figure 10.)

peſent 2 livres chacun, & qu'ils ont leurs centres reſpectifs de gravité à quatre pieds de diſtance l'un de l'autre ; on dira.

Planche 4. Figure 10.

Comme 4, *maſſe des deux corps :*

Eſt à deux, maſſe du corps B ::

Ainſi A B ou 4, *diſtance de leurs deux centres de gravité :*

Eſt à A C, *diſtance du centre commude gravité à celui de* A ; *qui eſt* 2 *pieds*, ou pour l'exprimer brievement par des notations algébriques, A × B : B :: A B : A C ; mais ſi l'on prend A de 2 livres, & *b* de 1 livre, & A *b* de 3 pieds, le centre commun de gravité ſera en *c* à un pied en-dedans de diſtance de A, ou deux fois plus près de ſon centre que du centre de *b* ; parce que A × *b* (3) : b (1) :: A *b* (3) : A *c* (1.) C'eſt ainſi que l'on trouve le centre commun de gravité de la lune & de la terre, lorſque l'on a une fois connu leurs maſſes & leurs diſtances. La terre peſe environ 40 fois plus que la lune, & le centre de la lune eſt éloigné de celui de la terre d'environ 61 demi diametres de la terre ; donc le centre commun de gravité des deux eſt éloigné du centre de la terre preſque d'un demi diametre & demi, ou de près de 2000 milles au-deſſus de la ſurface de la terre ; car comme la maſſe de la terre & de la lune (41) : à la maſſe de la lune (1) :: ainſi leur diſtance (61) : à la diſtance du centre commun de gravité des deux au centre de gravité de la terre, c'eſt-à-dire, $1\frac{20}{41}$ demi diametre de la terre.

40. S'IL y a plus de deux corps, comme par exemple, trois corps A, B & D. (*Figure* 11.) cherchez premiérement le centre commun de gravité de deux de ces corps par la régle précédente, qui ſera en C : dites enſuite

Comme la maſſe des deux corps réunis par la penſée en C, joints avec le corps D ;

eſt au corps D ::

Ainſi C D, *diſtance du centre commun de gravité de* A *&* B *à celui de* D :

Eſt à C K *diſtance du centre commun de gravité des trois corps à celui des deux premiers*, ou plus briévement, A × B × D : D :: CD : C K. Et s'il y a une combinaiſon d'un nombre quelconque de corps, on trouvera de même pas à pas leur centre commun de gravité. *

* Note 13.

41. DELA il ſuit qu'on peut changer la place du centre de gravité d'un ſyſtême de corps, par l'addition ou le retranchement

LEÇON II.

d'un ou de plusieurs corps. Et le centre de gravité d'un corps particulier peut se changer à volonté, en ajoutant à sa masse, ou en retranchant quelque chose de sa masse. Et cela est d'un grand usage, singuliérement dans la partie de la méchanique qui regarde les machines, à cause des différentes puissances qui sont combinées dans une machine, & des différentes positions qu'elles doivent avoir les unes à l'égard des autres dans leurs mouvemens.

EXPÉRIENCE XI. *Planche 5. Figure 1.*

Planche 5. Figure 1.

42. A B est une lampe roulante qui a en-dedans deux cercles mobiles D E & F G, dont le centre commun de mouvement est en K, où leurs axes de mouvement se coupent mutuellement; ce point est aussi leur centre commun de gravité. Si au cercle inférieur on joint en-dedans la lampe K C qui soit fort pesante & mobile autour de son axe H G, & dont le centre de gravité soit en C, le centre commun de gravité de toute la machine tombera entre K & C, & à cause des pivots A, B, D, E, H, J, elle aura toujours la liberté de descendre. Par conséquent si l'on fait rouler toute la lampe sur le terrain, ou si elle se meut de quelque maniére que ce soit; la flamme sera toujours en-dessus, & l'huile ne pourra pas se répandre. C'est ainsi que le compas de mer est suspendu; & c'est ainsi que l'on doit construire les lanternes que l'on porte sur un pivot en-devant des coches ou des voitures qui marchent pendant la nuit.

EXPÉRIENCE XII. *Planche 5. Figure 2.*

Planche 5. Figure 2.

43. LORSQUE les corps inclinés, tels que les cylindres obliques A B E D, *a b c d* sont assis sur un plan horizontal; ils tomberont du côté où ils panchent, si dans leur mouvement vers ce côté, leur centre de gravité peut tomber sans s'élever auparavant. (n°. 24.) Ainsi *c*, qui est le centre de gravité du corps *a b c d*, descendra dans l'arc *c x*, dont le centre est le point *e*, qui est le centre de mouvement du corps lorsqu'il tombe. Mais C, centre de gravité du corps A B E D, se mouvant autour du centre de mouvement E dans l'arc C K, ne peut pas tomber en K sans s'élever auparavant en F; & par conséquent le corps ne peut pas tomber par sa propre pésanteur; parce que le centre de gravité ne peut pas s'élever de lui-même. N°. 24, 28.

44. ON doit ici obſerver que *c* O, ligne de direction (n°. 20.) du corps *abcd*, tombe hors de ſa baſe; & que C O, ligne de direction de A B E D tombe en-dedans de ſa baſe : d'où il ſuit que les corps inclinés aſſis ſur un plan horizontal tomberont, lorſque leur ligne de direction ne paſſe pas par leur baſe : mais qu'ils ſe ſoutiendront lorſque la ligne de direction tombe en-dedans de leur baſe. * Planche 5. Figure 2.

* Note 14.

Telle eſt la raiſon pourquoi une Tour inclinée, comme celle de *Piſe* ou de *Bologne*, ne tombe pas, quoique ſon ſommet ſoit ſuſpendu ſi loin au-deſſus de ſa baſe, qu'il paroît dangereux à ceux qui ſe promenent en *o* (*Figure* 5.) auprès de ſon pied, & qui ne ſçavent pas par quel principe on n'y a rien à craindre.

45. SI la partie inférieure H J *e d* du corps *a b e d* (Figure 2.) eſt égale, & ſemblable au corps A B E D, & ſemblablement inclinée, elle ne tombera pas par la raiſon qu'on a donnée ci-devant, ſon centre de gravité étant alors en Q; mais auſſi-tôt que la partie ſupérieure ou cylindre *a b* J H eſt aſſiſe deſſus, & fixée par les chevilles *f f*, le centre commun de gravité monte par ce moyen en *c*, & alors les deux cylindres (qui ne font plus qu'un ſeul corps) tombent vers *o* : mais ſi H J *e d* étant arrêté, on y met au-deſſus la partie *a b* H J, cette partie s'y tiendra fixe ſans le ſecours des chevilles *f f*; parce que ſon centre de gravité étant en G, ſa ligne de direction tombera dans le plan H J qui eſt maintenant la baſe du corps *a b* J H. Mais ſi on laiſſe aller H J *e d*, la partie ſupérieure pouſſera en bas l'inférieure, & les deux enſemble tomberont, en commençant à ſe mouvoir autour du centre de mouvement *e*, le centre commun de gravité *c* deſcendant vers *k*. *

* Note 14.

EXPÉRIENCE XIII. *Planche 5. Figure 4.*

46. SI l'on tient dans la main H une aiguille ou une pointe comme C, la fourchette D dont le centre de graviré eſt au point C, étant placée ſur la pointe de cette aiguille, en ſera ſoutenuë (n°. 26.) quoiqu'il ſoit difficile de la bien placer; parce que la pointe de l'aiguille eſt d'une baſe ſi petite, qu'on a beſoin d'une main bien adroite pour faire enſorte que le centre de gravité tombe directement ſur la baſe, de maniére à y faire paſſer la ligne de direction. * Mais ſi l'on fait entrer une fourchette comme B

Planche 5. Figure 4.

* Note 15.

LEÇON II.

Planche 5. Figure 4.

dans le manche de la premiére, & ſi l'on en attache une troiſiéme auſſi peſante que la ſeconde aux pointes de la premiére, toutes les trois ſe ſoutiendront.

La ligne A B, qui paſſe par les centres de gravité des fourchettes A & B, diviſée également en *c*, fait voir que ce point eſt le centre commun de gravité de ces deux corps : l'addition de la fourchette D, change le centre de gravité (n°. 41), & eſt cauſe que le point C (qui eſt auſſi près de *c* que de D, centre de gravité de D) devient le centre commun de gravité des trois corps (n°. 33.) En ce cas les corps ſeront tous ſoutenus par le moyen de l'aiguille ſous D ; parce que le centre de gravité eſt auſſi bas qu'il peut l'être : avec cette ſeule différence, que dans le cas de la fourchette ſeule D, le centre de gravité (qui étoit alors au-deſſus du centre du mouvement) ſeroit deſcendu par la moindre ſecouſſe, & auroit entraîné la fourchette en bas ; mais à préſent à moins qu'une ſecouſſe ne ſoit aſſez forte pour faire ſauter D hors de la pointe de l'aiguille, elle ne ſçauroit faire tomber les corps : car ſi le centre de gravité eſt élevé hors de ſa place, il reviendra toujours en C, qui eſt le point le plus bas où il puiſſe deſcendre. (n°. 24.)

47. PUISQUE la ligne de direction paſſe par le point d'appui ſous D, il ſuit *qu'un corps, ou un ſyſtême de corps ſera ſoutenu* (c'eſt-à-dire, que leur centre commun de gravité ne deſcendra pas) *lorſqu'une partie du corps qui eſt dans la ligne de direction ſera ſupportée, mais qu'il tombera lorſqu'aucune des parties qui ſont dans cette ligne ne ſera ſupportée.*

48. SI par une force imprimée ſur les corps A ou B (Figure 4.) ou ſur tous les deux, on fait tourner circulairemenr l'un autour de l'autre, & autour du centre *c*, dans un cercle dont le diametre eſt A B ; ils ſeront encore ſoutenus comme auparavant, ſoit qu'ils tournent vîte ou lentement, & ſoit que D ſoit peſant ou non, & dans ce dernier cas le centre commun de gravité reviendra en *c*, & ſoit que D, C ou *c* ſoient les points d'appui : & même ſi la main qui porte ces corps reſte toujours immobile, ou ſe meut en ligne droite ou dans une courbe, la même choſe aura lieu ; c'eſt-à-dire, que l'action des corps les uns ſur les autres (ou les uns à l'égard des autres) n'en ſera pas altérée, de quelque maniére qu'ils ſoient tranſportés avec leur centre commun de gravité : & l'altération des plans où les corps ſe meuvent (c'eſt-à-dire ici

l'élévation de A, & l'abaiſſement de B, ou l'élévation de B & l'abaiſſement de A, à meſure qu'ils tournent) ne produit aucun effet ſur le mouvement de leur centre de gravité. Ainſi ſoit que la lune & la terre ſe meuvent vîte ou lentement l'une autour de l'autre, & de leur centre commun de gravité, & ſoit que le plan de l'orbite de la lune ſoit plus ou moins incliné au plan de l'écliptique, & quel que puiſſe être le changement de cette inclinaiſon, le mouvement de leur centre commun de gravité (qui décrit le grand orbe) n'en ſera nullement affecté. LECON II.

EXPÉRIENCE XIV. *Planche 5. Figure 5.*

49. SI un corps comme A B eſt placé ſur un pied d'eſtal N D P, il tombera, lorſque ſon centre de gravité pourra deſcendre (dans l'arc C *q*), ou ce qui revient au même lorſqu'aucune de ſes parties qui ſont dans ſa ligne de direction CO ne ſera ſoutenuë: mais ſi les deux Alénes L, M, ſont enfoncés dans ce corps, leur centre commun de gravité étant en *x* (au milieu entre L & M) fera reculer le centre commun de gravité des trois corps en K, & alors K *o* deviendra la ligne de direction des corps, dans laquelle le point K étant ſoutenu, les corps ne peuvent pas tomber.

EXPÉRIENCE XV. *Planche 5. Figure 6.*

50. DE même le corps A B étant placé ſur le piédeſtal A B, tombera, ſon centre de gravité ſe mouvant autour du point M dans l'arc C *q*. Mais ſi un corps peſant comme D lui eſt attaché, enſorte que le centre de gravité ſoit reculé en K, alors CO ceſſera d'être la ligne de direction: & dans le mouvement des corps autour de M, le centre de gravité K devroit décrire l'arc K *x* ſe mouvant vers le haut, ce qu'il ne ſçauroit faire. (n°. 24.) Donc A B ſera ſoutenu par l'addition d'un autre corps peſant. Planche 5. Figure 6.

51. LORSQUE l'on met des corps ſur des plans inclinés, ils viennent en bas, quoique la ligne de direction tombe en-dedans de leur baſe. Dans ce cas leur centre de gravité ne ſuivra pas leur ligne de direction dans ſon mouvement (ce qui n'arrive que lorſque les corps tombent librement); mais il ſera mû dans une ligne parallele au plan, & le corps gliſſera pendant tout le tems du mouvement. Mais ſi la ligne de direction du corps tombe

Leçon II. hors de la baſe qui eſt appliquée au plan, ce corps tombera ou roulera le long du plan. *

* Note 15.

Expérience XVI. *Planche 5. Figure 7.*

Planche 5. Figure 7.

De-la il ſuit que le même corps qui dans une poſition gliſſeroit le long d'un plan incliné, doit rouler en bas dans un autre poſition: ainſi le corps A B C D, étant placé ſur le plan *c* M N, gliſſera dans la poſition *a b c d*, parce que ſon centre de gravité *k* ne peut pas tomber dans la ligne de direction *k o*, (le corps étant arrêté par le plan) ni ſe mouvoir dans l'arc *k c* autour de *d* comme centre du mouvement; parce que dans ce dernier cas le centre de gravité devroit s'élever, ce qui n'eſt pas poſſible, (n°. 24.) & par conſéquent le centre de gravité deſcendra dans la ligne *k s*. Mais ſi le même corps étoit placé dans la poſition *a b c d*, il tomberoit vers M, ſon centre de gravité deſcendant dans l'arc K *q*. C'eſt pour cette raiſon qu'on peut porter une colonne au haut d'une montagne, lorſqu'on la place dans ſa longueur ſur un chariot, au lieu que ſi on la plaçoit toute droite dans le même chariot, elle tomberoit en arriére. Une charge de foin ſeroit renverſée ſi on la portoit ſur un chariot le long du penchant d'une montagne, au lieu que le même chariot ſera en ſûreté, s'il eſt chargé d'un poids égal de fer; c'eſt uniquement parce que dans la charge de fer, le centre de gravité eſt bas, & que dans la charge de foin il eſt fort haut. * Ce que l'on vient de dire dans les trois derniers paragraphes (47, 48 & 49) ſera encore plus confirmé par les Expériences ſuivantes.

* Note 16.

Expérience XVII. *Planche 5. Figure 8.*

Planche 5. Figure 8.

52. Sur la table T *t* T qui a une fente de X en *x*, on placera la petite figure D M en telle maniére, que la ſcie *c* (qui eſt attachée par un bout aux mains de la figure, & qui a un poids W fixé à l'autre bout) puiſſe paſſer par la fente X *x*, & la figure reſtera droite. Enſuite ſi l'on mene en bas de A en B la tête de cette figure, elle imitera le mouvement des Scieurs, & fera pluſieurs vibrations dans l'arc A *o* B, pendant que le poids W décrira de la même maniére l'arc V W V, le centre du mouvement du tout (c'eſt-à-dire de la figure, de la ſcie & du poids) étant en M. Le centre commun de gravité K décrira de même l'arc L K L, juſqu'à

jusqu'à ce que (après être descendu plusieurs fois de L de chaque côté) il vienne à se fixer en K, précisément au-dessous du centre du mouvement. Si la figure n'avoit pas de scie, elle se tiendroit droite étant placée sur la table, parce que son centre de gravité C seroit alors précisément au-dessus du centre de mouvement M (n°. 26.) & une partie de la figure qui est dans la ligne de direction *o* O seroit soutenue; mais la moindre altération de position qui feroit mouvoir C d'au-dessus de M, culbuteroit la figure. (n°. 26.) Si l'on y ajoutoit ensuite le scie *e*; puisque son centre de gravité est en *c*, le centre commun de gravité du petit homme & de la scie seroit en L, & en ce cas la figure tomberoit avec sa scie vers X: mais si par le moyen d'un fil de fer recourbé, on y joignoit à la scie un poids assez grand W, le centre commun de gravité de l'homme, de la scie & du poids seroit en K (n°. 38.) & la ligne de direction seroit encore *o* O; donc la figure resteroit droite. Si maintenant on incline cette figure en avant ou en arriére, elle reviendra après plusieurs vibrations à sa premiére position, parce que le centre de gravité, fait toujours effort pour descendre en K, ce qui rend la figure droite. N. B. *Cette expérience réussira mieux avec deux petites pointes aux talons des souliers pour les attacher à la table.*

EXPÉRIENCE XVIII. *Planche 5. Figure 8.*

53. SUR le bâton S*s* (qui de lui-même tomberoit de la table, parce que son centre de gravité est suspendu en-dessus & dehors) attachés le sceau P, en fixant un autre bâton *p q*, tellement que l'un de ses bouts soit arrêté par une entailleure en *p*, & l'autre contre le fond intérieur du sceau, & le sceau sans autre secours sera soutenu sur le bâton S*s*, qui ne tombera pas de la table, quoique le sceau soit ensuite rempli entiérement d'eau, pourvû que le manche du sceau soit fort près de la table, & que le bâton *p q* soit assez long pour pousser le sceau un peu au-delà de la situation verticale. Planche 5. Figure 8.

Lorsque le bâton S S (*Planche 5. Figure 9.*) est horizontal sur la table T *d* B, C est le centre commun de gravité des deux bâtons S S, P Q, du sceau D Q E, & de l'eau qui y est contenuë, tout cela pris ensemble étant considéré comme un seul corps dont la ligne de direction est O *o*; & comme la partie de S S qui est un peu en-delà du manche B est dans la ligne de direction, & qu'elle est soutenue par le bout de la table, le corps ci-dessus

LECON II.

ne peut pas tomber ; car s'il tomboit, la partie B S devroit s'élever par le bout S, & prendre la ſituation B *s*, & la partie P *s* deſcendroit à la poſition *p s* ; ce qui ne ſçauroit arriver à moins que le ſceau ne monte à la poſition *d q e* ; en élevant le centre commun de gravité en *c* dans l'arc C *c* D, ce qui eſt impoſſible (n°. 24.) par la gravité ſeule & ſans l'action d'un agent extérieur. Mais ſi le ſceau D E eſt élevé en-deſſous de la table, & le bâton S S incliné au-deſſus de lui ; en ſorte que toute la machine vienne à la poſition, *s s p c q d* ; ſi enſuite on l'abandonne à lui-même, & que le bâton *s s* ſoit tellement poli auſſi-bien que la table ſous B, qu'il n'y ait que peu ou point de frottement de l'une avec l'autre, toute la machine gliſſera en bas, & tombera de la table, *s s* ſe mouvant dans la direction *s p s*, & le centre commun de gravité *c* dans la ligne *c* E, tangente de l'arc D *c* C. On doit ici remarquer, que comme *o o* eſt maintenant la ligne direction, aucune partie du corps n'eſt ſoutenuë dans cette ligne.

N. B. *L'expérience eſt repréſentée dans la figure* 8.

NOTES SUR LA SECONDE LEÇON.

1. [Art. 3 — *Par la vîteſſe.*]

QUELQUES Auteurs ont confondu la *vîteſſe* avec le *mouvement*, quoiqu'elle n'en ſoit qu'une partie, s'imaginant qu'un corps doit avoir autant de mouvement qu'un autre, dès qu'il ſe meut auſſi vîte, & plus de mouvement, lorſqu'il ſe meut plus vîte ; mais cela n'eſt vrai que lorſque les corps ont des quantités égales de matiére, ou lorſque nous comparons le mouvement qu'un corps a dans un tems avec celui qu'il a dans un autre tems. Il eſt vrai que la définition générale (ſçavoir que le *mouvement eſt le paſſage d'un corps d'un lieu à un autre*) ne fait pas mention de la quantité de matiére ; mais lorſque l'on compare les corps qui ſe meuvent, on doit avoir égard à leur quantité de matiére : car la vîteſſe ſeule, ſans conſidérer combien il y a de matiére en mouvement, ne ſera jamais capable de nous déterminer la force que nous appellons *quantité de mouvement ;* par exemple, ſi un chien & un cheval ſe mouvant avec une vîteſſe égale, donnent contre une muraille de l'épaiſſeur d'une brique ſimple, le chien ſera repouſſé en arriére, pendant que le cheval qui a 40 fois plus de matiére, renverſera la muraille, &c.

NOTES ſur la IIe. Leçon.

2. [5 — *Force & mouvement ſignifient la même choſe.*] LISEZ Newton au commencement du premier Livre de ſes *Principes*, Def. 2. & 8.

3. [9 — *Il a moins de matiére que le belier.*] SI le belier R (*Planche 4. Figure 2.*) a 28 pouces de diamétre, 180 pieds de long, étant compoſé de pluſieurs piéces de bois, par exemple, de chêne jointes enſemble, il contiendra 750 pieds cubiques de ce bois, qui à 50 livres le pied cube, péſera 37500 livres : ſi la tête du belier qui eſt de fer fondu, péſe un tonneau & demi, qui vaut 3360 livres ; ſi de plus les cinq crochets de fer qui ſont autour, ont un pouce d'épaiſſeur, deux pouces de hauteur & 94 pouces de circonférence, ils péſeront environ 50 livres chacun, qui avec deux livres de clous néceſſaires pour les fixer, feront 252 livres. Or tous ces poids ajoutés enſemble, nous donneront 41112 livres pour le poids total du belier, qui étant mû par 1000 hommes employés ſeulement à faire frapper contre le point L de la muraille AHJGE (en ſuppoſant qu'il ſoit ſuſpendu par ſon centre de gravité à une galerie mobile, ou ſeulement à un treteau) chaque homme donnera le mouvement à un poids de 41 livres. La quantité de mouvement produite par cette action, lorſque le belier ſe meut d'un pied par ſeconde, peut s'exprimer par le nombre 41112 ; ce mouvement ou cette force comparée avec la quantité de mouvement d'un boulet de fer B qui ſort du canon C, ſe trouvera lui être égale : car on ſçait que le boulet de canon ſe meut auſſi vîte que le ſon pendant l'eſpace d'environ un mille ; & ſi l'on multiplie 36 livres, qui eſt le poids du boulet, par 1142 (qui eſt le

Notes sur la IIe. Leçon.

nombre des pieds que le son parcourt dans une seconde,) vous aurez le nombre 41112 pour exprimer la force ou la quantité de mouvement du boulet B qui frappe en L. Et si après quelques coups de belier, le mortier ou le ciment se trouve tellement brisé, que la partie de muraille ADDFE soit à la fin par un coup de belier portée en avant de F en K, & par conséquent abbatuë, la même chose arrivera par le moyen d'un boulet de canon après le même nombre de coups égaux donnés auparavant par d'autres boulets, tels que nous les avons supposés donnés par le belier : & alors la quantité de mouvement dans la partie du mur ADDFE portée de F en K, sera précisément égale au choc du belier ou du boulet B.

Cela fait voir combien est avantageuse l'invention de la poudre ; puisque par son secours nous pouvons donner une vîtesse si prodigieuse à un petit corps, qu'il parvient à avoir une quantité de mouvement aussi grande que celle d'un corps excessivement grand, & que par conséquent il fait autant d'effet que ce grand corps par sa percussion, quoiqu'on n'employe que peu de mains pour en faire usage : car trois hommes suffisent pour servir un canon qui fait autant d'effet que le belier dont nous venons de parler. *Ceux qui veulent avoir un plus grand détail des beliers & des autres machines de guerre qui étoient en usage chez les Anciens, les trouveront décrites dans plusieurs Auteurs, & sur-tout dans* Juste Lipse. * *Le belier que j'ai examiné ci-devant, est un belier moyen, étant plus grand que quelques-uns, & plus petit que d'autres dont parlent ces Auteurs.*

* Poliarch. Livre 3.

4. [11 — *Cette matiére subtile, &c.*] Les Cartésiens pour soutenir leur plein, supposent une certaine *matiére subtile* qui remplit tous les espaces & tous les pores en-dedans des corps ; & ils disent que cette *matiére subtile* étant continuellement divisée, devient une poussiére si fine qu'elle n'a plus ni pesanteur ni résistance, & que cependant elle est cause de la pesanteur : mais pour peu qu'on examine cette proposition, on voit qu'elle ne peut pas s'accorder avec elle-même. Car, 1°. Si cette matiére remplit tous les interstices entre les parties des corps, elle doit les rendre tous également pleins. 2°. Par-tout où elle remplit un espace qui ne contient point d'autre corps, elle doit être plus solide que l'or, & plus dure que le diamant, & par conséquent elle ne doit pas être une poussiére fine, comme on l'a imaginée ; car un corps lorsqu'il est solide, ne différe du même corps mis en poussiére, qu'en ce que ses parties sont séparées les unes des autres, en sorte qu'il y a de grands vuides entr'elles : ainsi une livre d'or solide ne différe d'une livre de poudre d'or, qu'en ce que les parties de la poudre sont plus séparées, mêlées de vuides, & qu'elles ne se touchent pas en autant de points que celles du monceau solide ; la pouffiére devenant aisément un monceau solide, lorsqu'on en chasse les vuides par l'action du feu, qui change la poussiére en un fluide, lequel après cela (en éloignant le feu) se change en un monceau solide sans rien perdre de son poids. 3°. Comme les *Cartésiens* assurent que la terre & l'air (qui sont des corps pesans) sont composés de cette *matiére subtile*, il est absurde de supposer que la matiére dont ils sont composés n'a point de pesanteur, puisque la pesanteur d'un corps entier est composé de la pesanteur de toutes ses parties prises ensemble. 4°. Lorsque

Les *Cartéſiens* diſent que leur matiére ſubtile eſt cauſe de la peſanteur, ils ſemblent avoir oublié ce qu'ils en ont dit auparavant, & ſur-tout *qu'elle n'a point de réſiſtance ;* car ſi un fluide par ſon mouvement autour de la terre, force tous les corps voiſins à tomber vers la terre, il ne peut pas être ſans réſiſtance ; parce que tout ce qui *pouſſe* doit *réſiſter :* & dire, que les corps ſolides peuvent ſe mouvoir dans cette matiére ſubtile ſans éprouver aucune réſiſtance, & que cependant la matiére ſubtile venant à rencontrer les corps ſolides, les pouſſe & leur fait changer de place, c'eſt une abſurdité indigne d'un Philoſophe. De plus, comme les *Cartéſiens* ne peuvent pas nier l'expérience d'une piéce d'or & d'une plume qui tombent également vîte dans un récipient de verre dont on a pompé l'air * (cette expérience ayant été faite dans un récipient de 10 pieds de hauteur ; voyez les *Tranſactions Philoſophiques*, n°. 354.) plûtôt que d'abandonner leur plein, ils diſent que lorſque l'air a été pompé, le récipient eſt auſſi plein qu'auparavant, mais qu'il eſt plein d'une matiére ſi ſubtile qu'elle ne fait aucune réſiſtance. De ſorte qu'il n'eſt pas poſſible de faire accorder enſemble la raiſon que les Cartéſiens nous donnent de la cauſe de la peſanteur, avec la non réſiſtance de la matiére ſubtile. Ils tombent auſſi dans pluſieurs autres contradictions, en tâchant d'expliquer les *Phénoménes* par la force & le mouvement dans toutes les directions, qu'ils attribuent à ce fluide ſubtil ; mais je traiterai ce ſujet plus au long, lorſque je parlerai des mouvemens des corps céleſtes.

NOTES ſur la IIe. Leçon.

* Leçons 1, 8, 9.

5. [16 — *Toutes à la fois avec le levier.*] C'eſt ſur ce principe qu'*Archimede* propoſoit d'élever toute la terre, au cas qu'on pût trouver un *point fixe*, ou une place pour ſoutenir ſon inſtrument, δός που στῶ, καὶ τὴν γῆν κινήσω. Par où il veut dire, que la moindre puiſſance, en augmentant ſa vîteſſe, peut élever le plus grand poids, & qu'à cet égard il n'y a point de bornes, dès qu'on peut trouver un endroit pour fixer un point, & une diſtance convenable. Mais quoique ébranler la terre, ſoit une propoſition purement mathématique, qu'on ne peut pas réduire en pratique, cependant il eſt bon par curioſité de l'examiner ici un moment.

Si nous prenons le centre commun de gravité de la terre & de la lune pour le point fixe (*fulcrum*, ou point d'appui) de notre levier, nous le ſuppoſerons de 240000 milles de longueur, c'eſt-à-dire, en comptant depuis le centre de la terre juſqu'au centre de la lune ; ſi donc on prenoit la lune ou un poids qui lui ſeroit égal pour la puiſſance, elle ſeroit capable de ſoutenir la terre à l'autre bout du levier ; & ſi on l'éloignoit ſeulement d'un pouce, elle ſouleveroit la terre. (n°. 15.) Ici la diſtance du centre de gravité de la terre au point fixe du levier eſt de 6000 milles, & celle du centre de gravité de la lune ou de la puiſſance, eſt preſque 40 fois auſſi grande ; & ſi l'on ſuppoſe que la lune ſe meuve avec la même vîteſſe, qu'elle auroit en tombant vers la terre par la force de la peſanteur, ſi ſa force de projectile ne l'empêchoit pas, la terre décriroit un pouce en ſortant de ſa place, pendant que la lune en décriroit 40. Maintenant, ſi au lieu de la lune, on ſe ſervoit d'une puiſſance dont l'intenſité ne fût égale qu'à un poids de 200 livres, comme par exemple, la force d'un homme, qu'*Archimede* propoſe : alors en

Notes sur la IIe. Leçon.

ſuppoſant encore la terre à la diſtance de 6000 milles du point fixe, le *bras* du levier auquel la puiſſance ſeroit appliquée, devroit être allongé dans la proportion du poids de toute la terre au poids de 200. En ce cas l'extrémité du levier s'étendroit entiérement hors de notre ſyſtême parmi les étoiles fixes, à une diſtance qui ſeroit plus de quinze mille millions de millions de fois plus grande que celle de *Saturne*. Et ſi *Archimede* (ou la puiſſance) étoit ſuppoſé agir ſur la machine avec la vîteſſe d'un boulet de canon, il y auroit à l'autre extrémité du levier pour élever la terre d'un pouce un mouvement qui dureroit plus de 26, & preſque 27 millions de millions d'années, & il décriroit une eſpace qui ſeroit 39 mille millions de fois plus grand que la circonférence de l'orbe de *Saturne*.

En faveur de ceux qui voudront examiner ce calcul, je joins les nombres que j'y ay employés.

Le diamétre moyen de la terre eſt de 19688 725 pieds de Paris (*Newton Principes, Livre 3. Propoſition 20.*)

En ſuppoſant le diamétre à la circonférence comme 7 à 22, & multipliant le diamétre par la circonférence, nous aurons 1218 315 660 966 250 pieds quarrés pour la ſurface de la terre : ce dernier nombre, étant multiplié par la 6e partie du diamétre, donnera 3 997 847 001 180 744 647 897 $\frac{1}{2}$ pieds cubiques pour la ſolidité de toute la terre.

Maintenant ſi nous ſuppoſons qu'un pied cubique de terre peſe 100 livres, nous aurons en multipliant par 100 le poids de toute la terre en livres, qui ſera 399 784 700 118 074 464 789 750.

Enſuite comme 200 livres (*ou l'intenſité de la puiſſance*) :
Sont à 399 784 700 118 074 464 789 750 (*ou l'intenſité du poids*) ::
Ainſi 6000 *milles* (*diſtance du poids ou du centre de la terre au point fixe*) :
Sont à 11993541003542233943692500 *milles* (*ou diſtance de la puiſſance.*)

Ce dernier nombre n'exprime pas ſeulement la diſtance de la puiſſance, mais encore le nombre des milles que la puiſſance doit parcourir pour élever la terre d'un mille ; parce que les vîteſſes de la puiſſance & du poids doivent être réciproquement comme leurs maſſes. Mais ſi nous voulons n'élever la terre que d'un pouce, il faut diviſer par 66 360 (nombre des pouces dans un mille) & nous aurons les milles parcourus par la puiſſance pendant que la terre ſe meut d'un pouce, ſçavoir 189 291 996 583 668 465 020 milles.

Pour avoir une idée plus claire de ce qu'on a dit, nous n'avons qu'à comparer la diſtance de la puiſſance & l'eſpace qu'elle doit parcourir, avec quelque grande diſtance que nous connoiſſions ; & avec l'eſpace parcouru par quelque corps que nous puiſſions obſerver ; comme par exemple, avec la diſtance de la planéte de *Saturne*, & avec l'eſpace qu'il décrit en parcourant toute la circonférence de ſon orbite.

Saturne, à ſa diſtance moyenne de la terre (qui eſt égale à ſa diſtance du ſoleil) eſt 9 fois & demi & un peu plus (ou 9, 51 fois) plus éloigné du ſoleil que n'eſt la terre, laquelle on ſuppoſe éloignée du ſoleil de 81 millions de milles, & par conſéquent on peut l'exprimer par ce nombre de milles, 770 310 000 ; diviſant donc par ce nombre 11993 541003 542233943692500, nous aurons un nombre qui nous fait voir que la puiſſance doit être appliquée 15 569 745951 035 781 fois plus loin du

point d'appui ou centre du mouvement que la distance de *Saturne;* si ensuite on divise l'espace que la puissance doit parcourir, (ou 189 291 996 583 668 465 020 milles) par 4841948571 nombre des milles contenus dans la circonférence de l'orbite de *Saturne*, le quotient nous fera voir que la puissance doit parcourir un nombre de milles 39094177438 fois plus grand. NOTES sur la IIe. Leçon.

De plus, si l'on suppose que la puissance ou *archiméde* pousse en avant l'extrémité la plus éloignée du levier, nous trouverons que quand même il iroit aussi vîte qu'un boulet de canon, il lui faudroit employer 26 978 123 942 460 ans pour mouvoir la terre d'un pouce. Car si l'on suppose qu'un boulet de canon se meut aussi vîte que le son ou décrit un mille en 4 secondes & demi (comme les expériences l'ont confirmé) il doit parcourir 800 milles par heure, & comme une année contient 8766 heures, 800 fois ce nombre est le nombre des milles qu'un corps avec la vîtesse d'un canon décriroit dans un an; donc en divisant par le nombre (7 012 800) celui des milles que la puissance parcourt, & qui est 189 291 999583668 465 020, on aura le nombre des années qu'elle doit employer à parcourir cet espace, & qui est 26 978 123 942 460 ans. *Ce qu'il falloit prouver.*

L'Evêque Wilkins *dans ses* Puissances Méchaniques *fait mention d'une machine composée de roües, par laquelle on pourroit élever la terre, sans supposer que la puissance fût appliquée à une distance considérable de la terre; mais ce qu'il en dit dépend entierement du même principe : car même en ce cas, la puissance (si elle est égale à ce que nous avons supposé) doit parcourir une longueur égale au nombre des milles dont nous avons parlé ci-devant, pour n'élever la terre que d'un pouce, quoique la ligne où elle se meut ne soit qu'un cercle d'un pied de diametre; car de quelque maniére que la machine soit construite, la différence des vîtesses de la puissance & du poids sera toujours en raison réciproque de leurs masses (ou de leurs intensités) en considérant la puissance comme une quantité de matiére en mouvement, lorsqu'elles se balancent mutuellement; & la moindre addition de vîtesse (toujours supposée dans ces calculs) fera que puissance surmontera le poids.*

6. [16 — *Lorsque l'on veut gagner du tems, on doit employer plus de force.*] C'est pour n'avoir pas fait assez d'attention à ceci, que ceux qui s'imaginent que la force doit être produite par la figure d'une machine, ont perdu beaucoup de tems & d'argent dans la construction des machines; la méchanique ne nous apprend pas à créer les puissances, mais à appliquer celles que nous trouvons dans la nature; car nous nous trompons nous-mêmes si nous croyons que par le moyen d'une machine quelconque un homme puisse faire le travail de deux en même-tems, supposant qu'ils employent tous la même force. Ce n'est pas à dire pourtant qu'on doive rejetter comme inutile la Science des Méchaniques; car c'est à la pratique des Arts qui sont tous dérivés de cette Science, que nous sommes redevables de la plus grande partie des nécessités & des commodités de la vie : Dans l'exécution de plusieurs ouvrages où nous avons assez de force, nous manquons souvent de tems, & quelquefois lorsque le tems ne manque pas, la force nous manque. Dans tous ces cas l'adresse d'un bon Machiniste doit

NOTES sur la IIe. Leçon.

paroître en dirigeant l'application des puiſſances ſelon le tems. Ainſi lorſqu'on fait des havres, qu'on place des digues, des moles ou des bancs, où chaque marée peut endommager l'ouvrage, & celles du Printems le renverſer, on doit y employer le plus grand nombre de bras qu'il eſt poſſible de faire agir enſemble ſans embarras. Dans certains cas, comme lorſqu'il faut tirer d'un Vaiſſeau des blocs de marbre ou d'autres marchandiſes peſantes, pour les peſer ſur un quay, on ne peut pas employer pluſieurs bras, ſoit parce qu'ils ne peuvent pas bien ſe tenir l'un auprès de l'autre autour du même bloc, ou parce qu'ils ne peuvent pas tous l'élever à la fois; ou parce qu'ayant élevé leur charge, ils ne peuvent pas bien marcher avec elle; ou que s'ils le peuvent, les planches où il faut paſſer, ou les échelles qu'il faut monter, ne peuvent pas les porter tous avec le poids; alors il faut employer une machine (comme par exemple une gruë) où un homme peut faire autant que 10 ou 20 hommes, mais il reſtera 10 ou 20 fois plus de tems à le faire. La machine eſt même abſolument néceſſaire, parce que ſans elle il eſt impoſſible de réuſſir; il faut donc y employer un tems ſuffiſant, ſans quoi la plus grande force ſeroit inutile. De même dans la bâtiſſe on doit employer des machines pour élever les grandes pierres & les groſſes poutres, ou il faut prendre plus de tems ſelon que la forçe des hommes qui travaillent à la machine, eſt moindre que celle qui ſeroit requiſe pour élever la pierre, ſi les bras y étoient appliqués directement, mais alors la machine occupe moins de place, & l'on peut employer à autre choſe le reſte des hommes. Lorſqu'il faut déſſécher les mines, on eſt toujours borné par le tems, parce que les ſources ſouterraines fourniſſent l'eau pendant que la force eſt employée à la tirer; & dans ce cas la puiſſance (c'eſt-à-dire, ſon intenſité) doit être ſupérieure à la quantité d'eau que l'on doit élever dans un certain tems, c'eſt-à-dire, que la puiſſance doit être capable, ſans aucune machine, de tirer du fond du puits juſqu'au plus haut (par exemple un cheval qui fait monter un ſceau attaché à une corde qui roule autour d'un ſimple rouleau) un poids plus grand que celui de la quantité d'eau qui y entre, pendant le tems que la puiſſance parcourt une eſpace égal à la profondeur du puits. On applique les machines pour tirer l'eau plus commodément, mais non pas pour gagner aucun degré de force; car on y perd toujours un peu de force. On en perd d'autant plus qu'il y a plus de parties dans la machine, qui ne peuvent pas être appliquées les unes aux autres ſans un frottement qui détruit une partie de la puiſſance: de ſorte que la meilleure machine eſt celle qui eſt compoſée d'un plus petit nombre de parties. * Et celui qui prétend par quelque invention gagner de la force, en élevant un plus grand poids ou un plus grand vaiſſeau d'eau avec la même puiſſance, ne fait pas réfléxion qu'il l'élevera d'autant plus lentement, & qu'il donnera le tems aux ſources de fournir plus d'eau à proportion; ou ſi en ajoutant quelque partie à la machine, la puiſſance (par exemple un cheval ou pluſieurs chevaux) marche plus aiſément, alors il élevera moins d'eau dans le même tems. Cela doit apprendre à ceux qui ont quelque interêt dans les

* *Tout ce qui regarde l'élevation de l'eau ſera examiné en détail, lorſque nous traiterons de l'Hydroſtatique.*

mines,

mines, dans les machines hydrauliques, dans les moulins ou autres manufactures, qu'ils ne doivent pas s'en laiſſer impoſer par les Machiniſtes qui prétendent (& ſouvent s'imaginent qu'ils peuvent) par quelque machine nouvellement inventée ſurpaſſer toutes les autres, & faire qu'un cheval faſſe autant d'effet que trois ou quatre. Cela vient de ce qu'ils ne ſont pas au fait des principes de méchanique, dont la connoiſſance les empêcheroit de tenter l'impoſſible. Il ſeroit à ſouhaiter que nos Machiniſtes, qui ont ſouvent beaucoup de génie pour inventer, & qui communément n'ont aucune connoiſſance des mathématiques, vouluſſent s'appliquer à cette ſcience, ou du moins ſçavoir ce qui peut les diriger dans leurs entrepriſes ; ou que quelques-uns de nos meilleurs Mathématiciens ne cruſſent pas trop s'abaiſſer en dirigeant les Ouvriers, & en conſidérant les machines un peu plus qu'ils ne ſont, ce qui rendroit leurs ſpéculations plus utiles au Public. Il y en a quelques-uns, qui étant mal-adroits, & n'ayant pas une main aſſez délicate pour faire des expériences, ne veulent pas en faire l'aveu, & mépriſent ou tournent en ridicule les ouvrages de méchanique ; oubliant que l'incomparable *Newton*, qu'ils admirent avec tous les autres Philoſophes, a fait autant & même plus d'expériences qu'aucun homme vivant, & a regardé la Géométrie comme n'étant utile qu'autant qu'elle nous dirige à faire des expériences & des obſervations, & à en tirer des conſéquences lorſqu'on les a faites ; enſorte que l'avancement de la Phyſique doit être le réſultat des mathématiques mixtes, c'eſt-à-dire de la Méchanique & de la Géométrie.

NOTES ſur la II. Leçon.

Un homme qui apprend dans les Livres à faire des armes, doit être autant embarraſſé lorſqu'il faut ſe battre, qu'un autre qui préfére un courage brutal à toute la ſcience des armes ; avec cette ſeule différence que celui-ci ſera beaucoup plus en état de tuer ſon adverſaire. ; comme ceux qui n'ont aucune litterature ont ſouvent fait des machines merveilleuſes. La machine de *Marly*, qui a été faite par un homme ordinaire de *Liege*, qui ignoroit entiérement les Mathématiques, contient un grand nombre d'inventions excellentes, mais elle n'éleve pas autant d'eau qu'elle devroit le faire, parce que cet Ouvrier ne ſçavoit pas calculer de quelle maniére il pouvoit appliquer la force de la riviére de *Seine* avec le plus grand avantage.

Lorſque l'on fait de grands Ouvrages ou Manufactures de telle maniére qu'une grande partie de l'intenſité de la puiſſance eſt conſommée inutilement, & qu'il n'y a qu'une petite partie de cette puiſſance qui rende un ſervice réel ; par exemple, lorſqu'il y a des frottements inutiles qui viennent de la mauvaiſe conſtruction de toute la machine, ou de la mauvaiſe figure de quelques-unes de ſes parties, ou de ce que l'Ouvrier les a mal exécutées ; ou ſi les hommes ou les chevaux, &c. n'employent qu'une petite partie de la force qu'ils pourroient appliquer ſans ſe fatiguer ou ſans inconvénient : alors l'adreſſe d'un bon Machiniſte peut s'appliquer avec avantage, en changeant la forme, ou en altérant les parties & les mouvements d'une machine. On en peut voir un exemple dans la maniére de dévider le fil ou la ſoye. Si l'on employe 50 hommes à cet ouvrage, ils ne pourront mouvoir qu'un poids, ou ſurmonter une réſiſtance égale à une demi livre, en travaillant par le mouvement circulaire de leurs mains (au lieu qu'un homme peut aiſément élever 25 livres

Notes sur la II. Leçon.

avec le seul mouvement de ses mains en travaillant 10 heures par jour) on peut trouver une machine par laquelle un homme appliquant toute sa force fasse autant que cinquante hommes dans le même tems. Ainsi dans un autre cas, les machines peuvent donner un grand profit, en rendant efficace la force ou l'intensité de la puissance ou des puissances, qui étoient auparavant mal appliquées, ou qui n'étoient point appliquées du tout. C'est ce qui a été exécuté à *Derby* d'une maniére très-ingénieuse, par Messieurs *Thomas* & *Jean Lombe*, qui ont employé la force d'une roue à eau pour dévider la soye d'*Italie*, ensorte qu'ils ne perdent ou qu'ils n'employent inutilement aucune partie de la puissance.

Comme les propriétaires de cette machine curieuse ne sont pas bien-aises qu'on donne au public une description de toute la machine, ou de chacun de ses mouvements, je n'en donnerai ici qu'une idée générale, sçavoir qu'il y a

26 586 *rouës.*
97 746 *mouvements.*
73 728 *verges de soye dévidées à chaque tour de rouë qui se fait 3 fois par minute.*
318504 960 *verges de soye dans un jour & une nuit*, & par conséquent
99 373547 550 *verges de soye dans un an.*

Une seule rouë à eau communique le mouvement à tout le reste des rouës & des mouvements, qui peuvent s'arrêter chacun séparément & indépendamment les uns des autres. Une seule machine à feu porte l'air à chaque partie de la machine en particulier, & tout le travail est conduit par un seul principe.

7. [17. — *Scorpions*, &c. *Donner une vîtesse suffisante*, &c.] Les Scorpions sont des machines à lancer des fléches, des boulles de feu, ou de grandes pierres. On peut en voir la description dans Vitruve & dans *Juste-Lipse*, cité ci-devant *, d'où j'ai tiré les figures représentées dans la planche 6. La premiére figure représente une de ces machines chargée. Le point A du plus long bras A C qui dans sa situation naturelle se tient le plus élévé par le moyen des boëtes de pierre ou de poids B B, ayant été conduit en A (par la corde R R & la gance *a* que l'on tire par le moyen de la roue W & du pignon en J, autour des rouleaux M & L) la clavette H H qui se termine un peu en cone, l'empêche de s'élever de nouveau. Ensuite la gance *a* étant ôtée de A, & la fronde S étant chargée d'une balle ou d'une pierre T, le scorpion est prêt à être déchargé; ce qui se fait par un petit coup de marteau à l'extrémité H *i* de la clavette, ou en la retirant subitement avec une corde; car alors A n'étant plus arrêté en bas, s'éléve avec une grande vîtesse par la chute des poids B B, & l'une des gances de la fronde se détâchant de la pointe A qui est conique pour cette raison, la pierre part, comme on le voit dans la seconde figure, qui représente un autre scorpion un peu différent du premier. Toute la différence est que dans cette derniere figure, comme l'extrémité A qui fait la décharge est plus proche de l'axe du mouvement D D, que n'est la même extrémité dans la premiere figure; on y applique une poulie L de telle maniére, qu'elle fait mouvoir le manche J du pignon qui engraine dans la roue W, aussi aisément que dans le premier cas. Quant à l'effet, si l'on suppose les poids B B égaux dans les deux scorpions,

* Poliarch; Fig. 33 Dial. 4.

Planche 6. Figure 1.

le dernier lancera une balle d'un plus grand poids, mais elle aura moins de vîteſſe que le premier projectile. Dans les deux cas le ſcorpion tourne ſur le pivot C, & tout le chaſſis H J tourne autour de l'arbre vertical C *c*, afin qu'on puiſſe diriger la machine de tous les côtés. Le crochet H dans la ſeconde figure fait la fonction de la clavette H dans la premiére.

Quelque fortes & quelque nombreuſes que ſoient ces machines, on ne peut pas les comparer à une batterie de canon, ni pour la force, ni pour l'expédition. L'Evêque *Wilkins* & quelques autres ne les auroient pas préférées à notre Artillerie, s'ils les avoient examinées moins ſuperficiellement, & s'ils avoient calculé leur force.

Pour le prouver nous conſidérons ici la force de l'un de ces ſcorpions, en le ſuppoſant même beaucoup plus grand qu'il ne faut pour le tranſporter commodément ; (car il paroît qu'on les pouvoit tranſporter aiſément, puiſque Céſar en avoit un grand nombre dans ſon Camp,) & nous verrons combien il eſt éloigné de la force du canon.

Soit A D (Figure 1.) la queuë du ſcorpion, ou l'extrémité qui lance le boulet, & que l'on ſuppoſe de 24 pieds de long, & les bras plus courts D B qui portent les boëtes B B, chacun de 8 pieds de long. Lorſque les boëtes ſont remplies de pierres, enſorte qu'elles peſent, par exemple, 1000 livres chacune, & que la queuë eſt abaiſſée en A pour lancer la pierre T ; la plus grande vîteſſe que l'on puiſſe lui donner, ne ſurpaſſera jamais 96 pieds par ſeconde ; parce que les points en B ne peuvent tomber plus vîte qu'à raiſon de 16 pieds dans une ſeconde, quand même ils ne donneroient aucun mouvement à la machine en deſcendant. Mais comme nous pouvons ſuppoſer raiſonnablement qu'en élevant l'extrémité A chargée du projectile T, leur mouvement en doit être retardé de la moitié, il s'enſuit que le corps T ne ſera pouſſé en avant qu'à raiſon de 48 pieds dans une ſeconde ; ce qui eſt un mouvement environ 24 fois plus lent que celui que le canon imprime à un boulet du même poids, & par conſéquent l'effet du ſcorpion eſt 24 fois moindre que celui du canon. Outre cela il faut un plus grand nombre d'hommes pour ſervir cette artillerie, & beaucoup plus de tems pour abaiſſer la pointe A par le moyen de la roue W, que pour charger un canon : car ſi l'on ſuppoſe que la force requiſe pour élever les boëtes chargées de pierre, & pour vaincre le frottement n'eſt que de 2500 livres, & que le Machiniſte qui tourne le manche en J fait décrire à ſa main un eſpace de $3\frac{1}{2}$ pieds par ſeconde (qui eſt le plus grand eſpace qu'il puiſſe décrire), ſi la force qu'il applique eſt de 25 livres, il doit employer 7, 6 minutes ou environ $\frac{1}{3}$ d'une heure, pour faire parcourir au manche un eſpace de 1600 pieds, néceſſaire pour élever les boëtes à 16 pieds de hauteur : cela outre le tems employé à placer la clavette H, & à mettre la pierre T dans la fronde S, doit tellement retarder l'opération, que le ſcorpion ne ſçauroit décharger ſon projectile plus de ſix fois par heure, au lieu qu'on peut tirer un canon aiſément deux fois auſſi ſouvent dans une heure.

Maintenant ſi l'on fait attention combien doit être peſant un ſcorpion tel que celui que nous avons décrit, on verra qu'il eſt plus difficile de le tranſporter que de tranſporter un canon. L'arbre vertical C doit avoir 30 pieds de longueur, & pour lui donner une force ſuffiſante, nous lui ſuppoſerons

Notes sur la II. Leçon.

13 ½ pouces de diametre, & par conſéquent il contiendra 30 pieds cubiques de bois ; ſi c'eſt du chêne, il peſera environ 50 livres le pied ; ſuppoſons que le corps & la queue du ſcorpion ABB avec les boëtes BB, contiennent quarante pieds de plus du même bois ; le cadre KH 60 pieds ; la roue W avec le pignon & le manche J, les poulies, les cordes, & les ouvrages de fer de la machine peſent bien autant que ſoixante pieds cubiques de chêne : tout cela enſemble fait 190 pieds cubiques, leſquels étant multipliés par 50 livres donnent 9500 livres, poids qui devoit rendre la machine fort incommode, même en la démontant & la portant par morceaux. Nous pouvons donc ſuppoſer que les ſcorpions étoient beaucoup moindres que nous ne l'avons dit, & alors il n'y aura aucune comparaiſon entre leur effort & celui de notre Artillerie. Quiconque voudra ſe donner la peine de calculer la force de toutes les autres machines uſitées chez les Anciens, trouvera qu'elle eſt beaucoup au-deſſous de celle de la poudre à canon : ſurtout ſi l'on fait attention avec quelle force elle ſe déploye dans une mine, où elle met en piéces des rochers prodigieux, & où elle éleve une ſi grande quantité de terre & de fortes murailles, que toutes les machines qui étoient en uſage dans l'Armée *Romaine*, quand même on auroit pu les appliquer toutes à la fois à une ſeule partie de fortification, n'auroient rien produit de ſemblable à cette nouvelle invention d'une poudre portative qui contient une force immenſe dans un très-petit volume.

Planche 7. Figure 1.

8. [21. — *La ligne de direction*, &c. *fait effort pour agir.*] Quoiqu'un corps peſant comme A (*Planche 7. Figure 1.*) puiſſe par une force ou par des forces qui lui ſont imprimées, ſe mouvoir dans chaque direction ; cependant (comme il conſerve toujours ſa tendance vers le centre de la terre qui l'y porteroit par le plus court chemin, ſi rien ne l'empêchoit) ſa ligne *naturelle* de direction paſſe toujours par le centre de la terre, & ſi pendant que le corps va en bas par ſa propre peſanteur, un ou pluſieurs plans inclinés, comme BG, GD, l'en empêchent, & lui font décrire enſuite une courbe (46) dans ſa chute à cauſe du changement de direction de ſon mouvement, ou s'il eſt de nouveau porté en haut le long d'un autre plan comme DE, nous n'appellerons pas la ligne 12346, ou 12345 qu'il décrit, ſa *ligne de direction* ; mais lorſque le corps part du point 1. ſucceſſivement aux points 2, 3, 4, ſes lignes de direction ſont 1*c*, 2*c*, 3*c*, 4*c*, qui ſont toutes dirigées au centre de la terre, & qui à raiſon de leur grande diſtance à ce centre, ſont regardées comme paralleles, ou même comme n'étant qu'une ſeule & même ligne.

Mais la ligne de direction d'une puiſſance varie ſelon l'application de cette puiſſance, quelle que ſoit la ligne que décrit le corps ſur lequel la puiſſance agit. Ainſi lorſque le corps peſant A (*Planche 7. Figure 2.*) dont la ligne de direction eſt *c*C, ſuſpendu par une corde, eſt ſoutenu par la main en H, la ligne de direction de la puiſſance eſt la même que celle du poids ; mais ſi l'on fait paſſer la corde ſur la poulie B, les lignes de direction de la puiſſance peuvent être les lignes BG, BF, BE, BD, pendant que la ligne de direction du poids continuë d'être la même.

Planche 7. Figure 2.

Que ſi le corps A (*Planche 7. Figure 3*), lorſque la puiſſance agit ſur

lui en J, se meut par cette action dans la ligne *c* D, le long du plan M B, *c* D n'est pas la direction de la puissance ; mais A J. Et si le même corps est élevé de E en F par le moyen du coin K F L que l'on tire sous lui (pendant qu'une planche ou un plan immobile en H G, l'empêche de s'écarter de la ligne E F) la ligne de direction de la puissance sera L B : mais si ce corps ayant été placé en K sur le plan horizontal L, le coin ou plan incliné F est supposé immobile, & que le plan H G se meuve de K en G, & pousse en haut le corps dans la ligne K G, alors la puissance agissant dans la ligne de direction K G, est cause que le corps pesant s'éleve de la hauteur E F, soit qu'il se meuve dans la ligne K G, ou qu'il parvienne directement à cette hauteur dans la ligne E F.

NOTES sur la II. Leçon.

Planche 7. Figure 3.

Delà il suit que la vîtesse d'une puissance ne doit pas être considérée de la même maniére que celle d'un poids (à moins que la puissance ne monte ou descende directement vers le centre de la terre) ; car *la vîtesse d'une puissance est l'espace qu'elle parcourt dans un certain tems*, lequel peut être plus grand ou plus petit pour produire le même effet, selon la maniére dont elle est appliquée ; ainsi la puissance B (*Figure* 3.) ne parcourt que la longueur L K, lorsqu'elle éleve le poids par la ligne E F en tirant le coin L F K à travers E F ; mais si elle le pousse le long de F K supposé immobile, elle doit parcourir toute la longueur de l'hypothénuse F K du triangle L F K. Mais soit que le poids s'éleve de K ou de E au point F, sa vîtesse ne sera jamais que E F, parce que quelque ligne qu'il parcoure, il ne s'éleve ou ne s'éloigne du centre de la terre que de la hauteur E F.

De même la vîtesse de A (*Figure* 1.) n'est que la ligne 1 *c*, lorsque le corps parcourt un espace beaucoup plus long, depuis 1 jusqu'à 6 par les points 2, 3, 4, le long des plans B F, G D. Donc *la vîtesse d'un poids doit toujours être mesurée par la ligne de son élevation ou de sa chute verticale qui fait voir de combien il s'est approché ou éloigné du centre de la terre.*

On doit remarquer que cette définition regarde principalement la partie des méchaniques, qui considére les actions des corps les uns sur les autres par l'application des instruments.

9. [27. — *Une méthode pour trouver méchaniquement le centre de gravité*, &c.] Si l'on met une planche également épaisse partout sur le tranchant d'un prisme triangulaire P *p* (*Planche* 7. *Figure* 4 & 5.) ou sur le tranchant aigu d'un corps étroit placé dans une situation horizontale, enforte qu'elle soit en équilibre ; tous les corps qui seront placés sur cette planche de maniére qu'ils n'altérent pas son équilibre, auront un plan de gravité (c'est-à-dire, un plan dans lequel se trouve leur centre de gravité) directement au-dessus du tranchant qui porte la planche. Une autre position du corps, si l'équilibre est toujours conservé, donnera un autre plan, dont la section avec le premier déterminera un axe de gravité, ou une ligne dans laquelle se trouve le centre de gravité. On peut avoir une troisiéme position du corps qui déterminera un troisiéme plan de gravité, lequel coupera les autres deux à angles droits, ou en tout autre grand angle, & l'intersection des trois plans donnera le vrai point qui est le centre de gravité. Si le corps, dont on a le centre de gravité, est long & fléxible, enforte qu'on ne puisse pas le

Planche 4. Figure 4. 5.

Notes sur la II. Leçon.

placer en travers sur la planche dont on vient de parler, il faudra placer une seconde planche sur la premiére avec une pointe à son centre, ensorte qu'elle puisse tourner tout-autour sans changer l'*équilibre*; & alors on pourra aisément mouvoir sur la planche les corps longs placés sur cette derniére planche, pour trouver leurs différents plans de gravité. C'est ainsi qu'on peut trouver le centre de gravité du corps d'un homme ou d'un animal. A l'égard du corps humain, il est à remarquer que soit que l'homme soit gras ou maigre (& même dans un squelete) le centre de gravité est toujours près du même endroit, c'est-à-dire, dans le *Pelvis*; entre la hanche, l'*os pubis*, & la partie inférieure de l'épine du dos. Lorsqu'on leve en haut les bras & les jambes, on éleve un peu le centre de gravité; mais il est toujours tellement placé, que les membres se meuvent librement autour de lui, le centre de gravité se mouvant en même-tems beaucoup moins que s'il étoit placé dans une autre partie du corps Une statue qui répréſente un homme, n'a pas cependant son centre de gravité placé dans le même endroit que l'homme; car si elle est creuse, les creux ne seront pas dans les mêmes endroits que dans le corps d'un homme, & le centre de gravité dans une statuë nuë & solide, est plus élevé que dans un homme. Je fais cette observation, parce que lorsqu'on veut placer une figure, & la fixer (surtout dans un endroit exposé au vent) on doit bien prendre garde que le centre de gravité soit placé au-dessus du milieu de la base; ou si l'attitude de la statuë ne le permet pas, il faut l'arrêter plus fortement du côté qui est plus éloigné du centre de gravité.

Les Mathématiciens, dans la vûe de donner des regles pout trouver le centre de gravité des corps, en donnent d'abord pour trouver le centre de gravité de 2 ou de plusieurs lignes; ils cherchent ensuite celui de la circonférence des figures & ensuite celui des plans; car quoique les lignes & les surfaces n'existent pas séparées des corps, ils considérent cependant les lignes comme des corps homogénes fort déliés, & les plans comme des solides extrêmement minces, & par cette considération, ils en viennent plus régulierement à trouver le centre de gravité des solides. Le Docteur *Wallis* a traité à fond cette matiére dans sa Méchanique, au Chapitre *de Investigatione centri gravitatis*, & M. *Ozanan* dans le troisiéme Chapitre de sa *Statique*, au quatriéme volume de son *Cours de Mathématique*.

Je donnerai ici quelques-unes des méthodes les plus aisées & les plus utiles, & je renverrai les Lecteurs plus curieux aux Auteurs que je viens de citer, & aux autres Mathématiciens qui ont traité en particulier du centre de gravité.

Si l'on considére une ligne comme un fil de fer homogéne diminué à l'infini, son centre de gravité sera au milieu; tel est le point J dans la ligne AB. * (*Planche 7. Figure 6.*) Soit une autre ligne comme CD dans une position quelconque à l'égard de AB; si du centre de gravité J de AB, on mene une ligne (que l'on suppose sans pesanteur) au point K, centre de gravité de CD, on aura leur centre commun de gravité en G, par cette analogie,

* N°. 29. Planche 7. Figure 6.

* N°. 38. * AB × CD : CD :: KJ : JG.

Et si la seconde ligne s'étoit trouvée moindre que AB, comme par exemple, si l'on avoit pris FE au lieu de CD, le centre commun de gravité auroit été en H; parce que AB × FE : FE :: KJ : JH. NOTES sur la II. Leçon.

S'il y a trois lignes (soit qu'elles renferment un espace, ensorte qu'elles forment la periferie d'un triangle, ou qu'elles ne le renferment pas) leur centre commun de gravité pourra se trouver de la même maniére que celui de trois corps (n°. 39.) On pourra trouver de même celui de quatre ou de plusieurs lignes, & par conséquent des polygones.

Il est à remarquer que le centre de gravité des surfaces planes, n'est pas le même que celui de leurs circonférences, à moins qu'elles ne soient régulières. Ainsi dans le triangle ABC (*Planche 7. Figure 7*), qui n'est pas équilateral, on trouvera le centre de gravité de la périphérie en H, plus proche de l'angle B que J, qui est le centre de gravité du triangle. Car (par n°. 19) D & E étant les centres de gravité des deux lignes AB, BC, F se trouve être leur centre commun de gravité, & H le centre commun de gravité des trois lignes AB, BC & CA. Planche 7. Figure 7.

Pour trouver le centre de gravité d'un triangle, menez une ligne depuis le milieu d'un côté, à son angle oppose comme GB : prenez GJ = $\frac{1}{3}$ de cette ligne, & le point J sera le centre de gravité du triangle. Maintenant puisqu'on peut diviser en triangles toutes les figures rectilignes, le centre commun de tous les triangles sera le centre de gravité de la figure.

Si AB & CD sont deux quantités (soit que ce soient des surfaces ou des solides) dont les centres particuliers de gravité soient en F & G, le centre de gravité de leur somme ou de AD, sera en E (Planche 7. Figure 8.) mais si l'on veut avoir le centre de gravité de la différence de deux quantités, lorsqu'on connoît leur centre particulier de gravité, (comme par exemple, celui de CD, qui est la différence des deux quantités AB & AD, dont les centres particuliers de gravité sont F & E) menez FE, & prolongez cette ligne vers G; vous trouverez le point G centre de gravité requis, par cette analogie CD : AB :: FE : EG. C'est-à-dire, *comme la différence est à la moindre quantité, ainsi la ligne* FE : *est à la ligne* EG *ou à la longueur du prolongement de la ligne* FE. Planche 7. Figure 8.

Le centre de gravité d'un cone est dans son axe, à la distance d'un quart de cet axe depuis la base; par exemple dans le cone ABC (*Figure 9.*) dont l'axe est DC, le centre de gravité est en F, si FD est = $\frac{1}{4}$ DC. Mais dans une surface conique, le centre de gravité est éloigné de la base de $\frac{1}{3}$ de l'axe; c'est-à-dire DF = $\frac{1}{3}$ DC. Figure 9.

Si ABJK est un cone tronqué, on trouvera son centre de gravité, en achevant le cone, qui sera alors ACD; ensuite ayant trouvé le centre de gravité du cone ABC (qui est le point F) & celui du cone JCK (qui est le point F) joignez ces centres par la ligne FE; ensuite voyant que ABKJ est la différence des deux quantités ACB & JCK, vous trouverez son centre de gravité par la regle précédente, lequel sera en G : Car ABJK : JKC :: EF : FG.

Si l'on fait un sceau de cuivre, d'étain, ou de bois, de la figure d'un cone tronqué, le centre de gravité de ce vaisseau ne sera pas dans le même point étant vuide que lorsqu'il est plein, & cette considération est utile en

Notes sur la II. Leçon.

plusieurs cas de la Méchanique en général, & de l'Hydraulique en particulier. Car par ce moyen les vaisseaux qui ont cette figure étant suspendus sur des points ou sur un axe qui passe entre le centre de gravité du vaisseau vuide, & celui du vaisseau plein) tourneront avec le fond vers le haut étant vuides, & auront le fond tourné directement en bas lorsqu'on les tirera en hant étant pleins; ou au contraire ils auront leur ouverture tournée en haut étant vuides, & tournée en bas où ils se vuideront d'eux-mêmes lorsqu'ils seront entiérement pleins.

Planche 7. Figure 10.

Soit A B E D (Figure 10.) la coupe d'un vaisseau conique tronqué & creux, dont l'ouverture est A D. Son centre de gravité par les regles précédentes se trouvera en *c* : Mais parce que le fond ou la plaque B E a quelque pésanteur, le centre de gravité descendra en C. Celui du vaisseau plein (qui est un cone tronqué solide) sera en K. Si donc on place l'axe de suspension entre ces deux centres, comme en O (Figure 11), ce vaisseau étant vuide pourra être tiré en haut & en bas avec son embouchure tournée en bas, mais étant plein on le tirera en haut, avec son ouverture tournée en haut. Cela est utile dans une chaîne de sceaux qui tourne circulairement autour d'un aissieu pour tirer l'eau d'une profondeur, & la porter dans un réservoir au-dessus.

Mais si *a b c d* (Figure 12.) est un vaisseau semblable, avec cette seule différence, que le fonds est fixé dans la partie étroite *c d*, & l'ouverture est *a b*; le centre de gravité du vaisseau vuide (sans faire attention au fonds) sera en *c*; mais la pésanteur du fonds le portera en C, & le centre de gravité du vaisseau plein sera en K. Si ce vaisseau est suspendu entre ces deux centres, comme en O (Figure 13.) il continuera d'avoir son ouverture en haut étant vuide, mais elle tournera en bas dès qu'il sera plein. Un pareil sceau peut servir à élever l'eau par une machine composée d'un couple de sceaux fixés à une poutre qui se meut sur un centre placé à distances inégales de ses extrémités, de maniére que le sceau fixé au bras le plus court élevera celui qui est à l'autre bout, & lui fera vuider son eau dans un reservoir supérieur. Mais une courte description & une figure, rendront la chose plus claire.

Planche 7. Figure 14.

A A, sont deux fontaines qui coulent d'un ruisseau ou d'une source d'eau dans les deux sceaux D & E, D contient environ 30 gallons, & on le nomme *sceau perdant*, & E le *sceau gagnant*, contient moins que le quart de D, par exemple, 6 gallons.

D E est un levier ou poutre mobile autour de l'aissieu ou centre C, soutenu par les pieces F F, entre lesquelles le sceau D peut descendre, lorsque le sceau opposé E est élevé. D C est à C E comme 1. à 4. G L est une piéce verticale, qui porte au sommet le levier K J. lequel se meut autour du centre L, restant quelquefois en repos sur l'apui H, & d'autre fois s'en éloignant vers le haut par la pression du bras C E sur son extrémité J.

Le sceau D, étant vuide, a son ouverture tournée en haut, étant suspendu comme on a dit. L'extrémité D avec son sceau est aussi plus legere que l'extrémité E avec son sceau, lorsque les deux sont vuides. Le différent calibre des fontaines est cause que D est presque aussi-tôt rempli que E, & d'abord après il prépondere, & il descend en D (Figure 15.) Par ce moyen l'extrémité opposée s'éleve jusqu'au réservoir M où le sceau E décharge son eau;

Mais

mais d'abord après que le ſceau D a été rempli, il a jetté toute ſon eau & le bout E du lévier eſt revenu à ſa ſituation horizontale, frapant ſur le bout J du lévier JK chargé du poids K qui s'eſt élevé, & qui a rompu par ce moyen la force du coup. Si la diſtance A B ou la chute de l'eau eſt d'environ 6 pieds, cette machine élevera l'eau dans le réſervoir M à 24 pieds de hauteur. Cette machine eſt fort ſimple, & l'on peut lui donner la proportion que l'on veut, ſelon la chute de l'eau, la quantité que l'on veut employer, & la hauteur où l'eau doit être portée. » Il y a quelques années qu'un » Gentilhomme me fit voir un modéle d'une machine ſemblable, & qui en » différoit tant ſoit peu; mais elle étoit tellement conſtruite, que l'écoule- » ment de l'eau s'arrêtoit en A, A, lorſque le lévier DE commençoit à ſe » mouvoir. En conſéquence, il me dit qu'il en avoit exécuté une en Irlande, » laquelle éleveroit environ un demi ſceau d'eau dans une minute à 40 pieds » de hauteur, & qu'elle ne coutoit pas 40 ſchellings par an pour la réparer » & entretenir; que les frais de ſa conſtruction même n'étoient pas conſi- » dérables.

10. [30. — *Un moulin à vent doit être ſupporté*, &c. *& une grue.*] Cela n'eſt pas exactement vrai dans la pratique, parce qu'on doit y avoir égard à la force avec laquelle le vent pouſſe tout le moulin à vent en arriere par une partie de ſa preſſion, pendant qu'il tourne les voiles avec le reſte; & par conſéquent la ligne de direction qui paſſe par le centre de gravité, doit tomber devant l'axe du poſte le plus proche des voiles. De même dans une gruë (je parle de celles qui tournent entiérement avec leur poids) on doit avoir égard au poids qu'elle doit élever; & le centre de gravité de la gruë doit être tellement placé en arriere du poids, que la ligne de direction paſſe par le milieu de l'arbre, lorſque le poids (qui attire le centre de gravité en avant) eſt ſuſpendu à la gruë.

11. [32. — *Le centre de gravité reſtera en repos.*] Voyez les *Principes de Newton*, Corol. 4e. des Loix du Mouvement, 2e. Édition, p. 17.

12. [37. — *On verra dans les Notes.*] Soit le fuſeau ou double cone de la *Planche* 4. *Figure* 14. repréſenté ici, étant vû par la pointe (*Planche* 8. *Figure* 1), A F eſt une des regles élevées ſur leſquelles le corps doit rouler, A G la ligne horizontale, B le ſommet de l'un des cones. Soit F G la partie inférieure de la vis S égale à E *e*, qui eſt un peu moindre que le demi diametre de la baſe commune des deux cones; ou (ce qui revient au même) ſoit E F une autre ligne horizontale qui paſſe un peu ſous l'axe B des cones, B F ſera le chemin du centre de gravité du corps; parce que cette ligne étant inclinée vers S, le centre de gravité du corps doit y deſcendre, & par conſéquent y porter le corps tout le long, plus ou moins vîte, ſelon que l'inclinaiſon eſt plus prompte ou plus lente.

Planche 4. Figure 14.

Planche 8. Figure 1.

Le cylindre de la figure 15. planche 4. eſt d'un bois leger avec un petit cylindre de plomb en K, qui le traverſe entiérement auprès de la ſurface courbe, & parallelement à l'axe du grand cylindre, afin que le centre de gravité du corps compoſé puiſſe s'éloigner de l'aiſſieu M dans la ligne K O, &

Planche 4. Figure 15.

Notes sur la II. Leçon.

alors le cylindre doit être tellement placé sur le plan incliné A O, que le centre de gravité de ce cylindre puisse descendre pendant qu'il se roule vers R ; ce qui le doit faire monter sur le plan jusqu'à ce que le centre de gravité soit aussi bas qu'il le peut être : supposant toujours un fil attaché à la partie supérieure du plan, & qui entoure le cylindre, pour l'empêcher de glisser, lorsque le plan n'est pas horizontal, comme dans la figure.

Comme la longueur du cylindre n'a point de rapport à son mouvement vers le haut ou au soutien du plan incliné ; lorsque nous considérerons le mouvement du cylindre sur un plan différemment posé, nous ne ferons attention dans la seconde *Figure* de la *Planche* 8. qu'aux sections du cylindre, du plan & de l'horizon. P T A est la section du cylindre de bois, C A celle de celui de plomb, C le centre de gravité, M le centre de grandeur, & P Q la section du plan qui étoit d'abord supposé horizontal.

Planche 8. Figure 2.

Je dis 1°. Que si l'on prend P *a* sur P Q égal à P T A demi-circonférence du cylindre, le point *a* sera l'endroit le plus éloigné où le cylindre puisse rouler.

Lorsque le diametre P A qui passe par le centre de gravité C est perpendiculaire au plan horizontal, comme dans la figure, le cylindre reste immobile, parce que le centre de gravité est directement au-dessus du centre du mouvement en P (n°. 26) ; mais aussi-tôt que C est tant soit peu incliné vers Q, le corps doit rouler jusqu'à ce que le point A vienne en *a*, décrivant la demi cycloïde A *a*, pendant que tous les points du demi cercle s'appliquent successivement à la ligne P *a*, qui est la base de la cycloïde. Il est évident que le cylindre ira jusqu'en *a*, si l'on observe la route C *c* du centre de gravité, qui n'est dans le lieu le plus bas, que lorsqu'il arrive en *c*, & qui devroit ensuite s'élever vers X, si le corps rouloit plus avant : & par conséquent si par la vîtesse acquise le corps doit aller vers Q, le centre de gravité en descendant encore de *u*, doit porter en arriere le corps en *a* ; le diametre P A étant de nouveau perpendiculaire à l'horizon, mais dans une position renversée *ap*. C. Q. F. D.

Je dis 2°. Que si le plan est incliné à l'horizon par un angle, dont le *sinus droit* soit égal à M C distance du centre de grandeur, au centre de gravité, en prenant pour *rayon* le demi diametre du cylindre ; ce cylindre étant placé sur un tel plan ne montera ni ne descendra, lorsque le centre de gravité sera directement au-dessus du point T, où le cylindre touche le plan, pourvû qu'on l'empêche de glisser par le moyen d'un fil qui passe en-dessous, comme on l'a représenté dans la 15e. *Figure* de la *Planche* 4.

Tournez le cylindre jusqu'à ce que le centre de gravité soit en K dans la même ligne horizontale que le centre de grandeur ; ou (ce qui revient au même) jusqu'à ce que le demi diametre M A devienne M *a* ; élevez du point K la perpendiculaire K T, qui coupe le cercle en T, & menez le rayon M T, auquel le plan $\pi\varpi$ étant perpendiculaire, vous aurez l'angle ϖ D Q fait par le plan avec l'horizon égal à l'angle M T K, dont le sinus est M K égal à M C. Car en prolongeant M *a* en L, il est évident (par 8. *6 Eucl.*) que l'angle ou T K = K L T ; mais (par la 29. 1. *Eucl.*) K L T = L D Q.

Dans cette situation, il est évident par la construction, que le centre de

Notes sur la II. Leçon.

gravité ne peut pas descendre, parce que la ligne de direction est soutenue en T (n°. 45.) où le plan touche le cylindre.

Car si le corps se rouloit un peu plus haut sur le plan pour porter K vers π, le point touchant T avanceroit plus vîte vers π que ne feroit K, & par conséquent la ligne de direction couperoit le plan en-dessous de T vers D, ensorte que le centre de gravité descendroit, & feroit reculer le cylindre pour le conduire en T. D'un autre côté le corps rouleroit en bas, si l'on donnoit le moindre mouvement à K vers D, la ligne de direction avançant alors plus vîte vers D que le point d'attouchement T. On peut rendre cela plus clair, en considérant le cylindre comme une balance ; par exemple, si M W est une balance qui soutient sur son extrémité M un poids égal au poids du cylindre sans le plomb, & à l'autre extrémité W, un poids égal à l'excès du poids du plomb, sur la masse du bois dont il prend la place. Soit K leur centre commun de gravité, trouvé comme on l'a enseigné. (n°. 38.) Si l'on considére K T comme un appui perpendiculaire inflexible, qui soutient la balance en K, elle continuera dans son équilibre, tant que l'apui sera soutenu en portant sur T, qui est l'endroit où le plan touche le cylindre. Si le plan fait un plus grand angle avec l'horizon, le point T étant reculé plus loin vers L, ce sera la même chose qae si l'apui faisoit effort pour soutenir la balance entre K & W, auquel cas le poids M l'emporteroit & entraîneroit tout le cylindre vers P ; mais si le plan fait un angle plus petit avec l'horizon, T ira vers D, & la balance étant alors appuyée entre K & M, le point en W sera prépondérant, & portera le cylindre vers L. C. Q. F. D.

COROLLAIRE.

De la il suit aussi qu'il doit y avoir un angle d D Q moindre que π D Q, qui sera l'inclinaison du plan, sur lequel le cylindre précédent peut rouler à la plus grande hauteur. Car si l'angle π D Q est un peu diminué, le cylindre roulera vers π en montant, & si le plan D Q est un peu élevé, ensorte qu'il fasse un petit angle avec l'horizon, le cylindre s'élevera sur ce plan, mais il ne roulera pas aussi vîte que dans la situation horizontale. Si l'on augmente cet angle, le cylindre montera plus haut, à mesure que sa route sur le plan se racourcira, mais il n'ira pas au-delà d'un certain nombre de dégrés d'élevation, & à cette élevation il ne montera pas plus haut au-dessus de l'horizon, quoique sa route mesurée sur le plan se racourcisse continuellement jusqu'à ce qu'elle soit réduite à un point, lorsque l'inclinaison est dans l'angle π D Q. De même à mesure que l'angle D Q (en abaissant le plan D π autour du centre) diminue, le cylindre monte plus haut selon qu'il roule plus avant sur le plan, jusqu'à ce que l'angle soit diminué & réduit à un certain nombre de dégrés, après quoi il monte moins ; mais sa route mesurée sur le plan augmente toujours jusqu'à ce que le plan soit horizontal. Il y a donc un angle du plan d D Q, qui est un *maximum*, quant à l'élevation du cylindre sur le plan.

Je dis 3°. Qu'étant donnée l'inclinaison du plan sur lequel le cylindre s'éleve à la plus grande hauteur (ou toute autre inclinaison d'un plan sur lequel il peut s'élever de quelque façon que ce soit) la longueur que le cylindre décrira sera égale à la longueur T v = T V (*Planche* 8. *Figure* 3, Planche 8. Figure 3.

Notes sur la IIe. Leçon.

qui est égal à la demi-circonférence, moins l'arc A V; lequel arc A V contient deux fois le nombre de dégrés de l'inclinaison du plan, avec les dégrés de la double différence de l'angle au centre de deux triangles rectangles, qui ont pour rayon M N, sinus de l'inclinaison, mais leurs sécantes sont M R, demi diametre du cylindre, & M C, distance du centre de gravité au centre M du cylindre. De plus T *v* étant la longueur de la progression du cylindre sur le plan, la hauteur du plan en *V* où la perpendiculaire *V Z* sera l'élevation du cylindre sur la ligne horizontale.

PRÉPARATION.

P Q est l'horizon, & P *q* le plan de l'inclinaison donnée. Puisque P *q* coupe le cercle P U A, le cylindre ne peut pas s'élever sur ce plan, il faut donc en prendre un autre qui lui soit parallele. Le diametre P G étant tiré perpendiculaire à l'horizon, & R T par le centre de gravité C ou S parallele à P G, menez le diametre T A qui fasse l'angle P M T égal à l'inclinaison du plan, & menez $\Pi\pi$ perpendiculaire à ce diametre en J, & $\Pi\pi$ sera un plan tangent parallele au premier; (car P M T étant égal à M T R, à cause des paralleles P G, R T, & l'angle commun R T U étant soustrait des deux angles droits M T *V* & R T Z, l'angle V T Z d'inclinaison du nouveau plan $\Pi\pi$ sera égal à l'angle donné P M T.) Menez M R; par C menez M *f*; faites l'angle X C M égal à M C T, prolongez X C en V, & menez M V. Puisque X C V est une ligne droite & à la même distance du centre M que R T, C R & C V seront égales (par 7. 3 *Eucl.*) Puisque les triangles C M d, C M e sont égaux (par 6. 7. 8. 1 *Eucl.*) l'angle R M V est divisé en deux parties égales. Menez M N sinus de l'angle d'inclinaison, & les dégrés de l'arc R V où les deux différences dont on a parlé se trouveront en comparant ensemble l'angle d'inclinaison & les triangles R M N & C M N.

Le cylindre étant placé sur le plan dans la position marquée par la figure, non-seulement restera en repos, si le centre de gravité est en S, mais il retournera à cette position, lorsqu'on l'en aura tiré vers π ou vers *v*, parceque dans chacun de ces cas le centre de gravité doit s'élever, & par conséquent S T doit être la distance du centre de gravité au plan, mesurée sur la ligne de direction du centre de gravité, lorsqu'il est le plus près du plan, au-dessus de cette partie du plan, où le cylindre roulant en haut ou en bas doit arrêter son mouvement. Maintenant si le centre de gravité est porté en C, il est évident que C R sera égal à S T, & que C V lui sera aussi égal, parce que par la construction il est également éloigné de M f, ligne qui passe par le centre, & par conséquent = C R; on voit aussi qu'aucun autre point de la circonférence n'est également éloigné de C. Si le centre de gravité par le point C dans la ligne R T, où il est exactement au-dessus du point d'attouchement étoit mû tant soit peu vers *v* en poussant le cylindre de ce côté là, le cylindre rouleroit sur le plan, & s'il avançoit de la longueur de la demi-circonférence jusqu'à ce que le diametre T A fût renversé, & devînt *at*, le centre de gravité viendroit en *c*, la corde T R etant maintenant *tr*; mais puisque *r* ne touche pas le plan, le centre de gravité doit

descendre encore, & faire reculer le cylindre, jusqu'à ce que u (qui avoit le point V) revienne au plan en v, ou x K v sera la corde qui étoit marquée XCV dans la premiere position du cylindre; K étant le centre de gravité, & K v qui est égal à C V, étant dans la situation de S T, & tout le cylindre portant sur v précisément, comme il faisoit sur T, lorsqu'on supposoit que S étoit le centre de gravité T A & T R étant changés en T a & T E. Donc la distance T v du plan ne sera pas égale à la demi-circonférence, mais il s'en faudra de l'arc $av = av =$ A V. Par conséquent la longueur roulée sur le plan par le cylindre sera égale à l'arc T V que l'on peut trouver par le fil appliqué au cylindre de T en V. NOTES sur la IIe. Leçon.

Maintenant on peut trouver le nombre des degrés de cet arc T V *de la maniére suivante.* L'angle d'inclinaison est vTZ = MTN = MRN = TMP = MAG = GMA. Dans les triangles rectangles M R N & M C N, N M sinus d'inclinaison du plan, est le rayon commun aux deux; M R demi-diamétre du cylindre est la sécante dans le triangle M R N & M C distance du centre de gravité au centre du cylindre, est la sécante dans le triangle M C N. L'angle R M N — C M N = R M C : Donc R M V = 2 R M C que l'on peut trouver par les tables trigonometriques, & par conséquent il est connu. Mais l'angle d'inclinaison étant donné, son angle double est donné, donc A V & T V sont connus. C. Q. F. T.

Pour faire l'application de ce qu'on a dit, supposons que le centre de gravité du cylindre soit éloigné de son centre de grandeur de $\frac{2}{3}$ du rayon, c'est-à-dire, qu'il soit au point C dans la *Figure* 3. *Planche* 8. Planche 8. Figure 3.

L'angle plg du plan sur lequel le cylindre ne peut pas monter, se trouve ainsi, par analogie, comme M b est à M k : : (3 : 2 : :) ainsi le sinus total : au sinus de l'angle M l K = l M P = plg 41° 48′ + &c.

Le *Maximum* de l'angle du plan sur lequel il s'élevera le plus dans ce cas se trouve de 26°, & la grandeur de cette élevation est V Z = 42, 85 parties, dont la circonférence du cylindre en contient 360.

N. B. On voit par-là que le *Maximum* n'est pas au milieu de l'angle plg ou à 20° 54′, comme on pourroit d'abord se l'imaginer.

Supposons maintenant que l'angle d'inclinaison du plan soit de 15°. on trouvera la longueur sur laquelle le cylindre roule dans le plan, & la hauteur à laquelle il monte au-dessus de la base, non-seulement par la Méthode précedente, mais encore par deux autres méthodes, que je donne ici pour la varieté.

PRÉPARATION.

Le centre de gravité étant au point C *aux* $\frac{2}{3}$ *du rayon du cylindre* M fb *depuis son centre* M; *faisant l'arc* f V = R f, *& menant par le centre de gravité* C la ligne V C X, *le segment* V b X = *au segment* R z T, *& par conséquent lorsque le cylindre a tracé sur le plan* T v l'arc T z V, *il doit rester en répos & être en équilibre (sur le plan) au point* V, *par la même raison qu'il l'étoit sur le point* T *avant que de rouler.*

Comme l'angle du plan v T z est = 15°, cet angle est égal à l'angle

NOTES sur la II. Leçon.

PMT = bMR ; il ne reſte donc que l'angle RMV à trouver, ou ſa moitié RMf, & les deux méthodes ſuivantes en donnent la même valeur.

1. Puiſque le ſinus GR pour l'angle bMR, lorſque le rayon eſt le même que celui du cylindre, eſt égal à yC ſinus de l'angle bMf pour le rayon de oCK cercle du centre de gravité : Je dis,

Comme le rayon du centre de gravité :

Eſt au rayon du cylindre, ou comme 2 à 3.

Ainſi no = 2588190 ſinus de 15° pour le rayon du centre de gravité :

Eſt à 3882285 = GR ou yC, ſinus de l'angle bMf, qui ſe trouve 22° 50′ + D'où ôtant par conſéquent l'angle bMR = 15°, il reſtera 7° 50′ pour l'angle RMf = fMV. Donc l'angle total RMV eſt = 15° 40′ + ; auquel ajoutant 30° pour les deux angles égaux bMR, PMT chacun de 15°. Le tout donne 45° 40′ + à ſouſtraire de 180, qui eſt la demi-circonférence bVzTP, du cylindre, & il reſte l'arc VT pour la longueur où le cylindre ſe roule ſur le plan TV.

2. L'autre maniére de trouver l'angle RMf eſt celle-ci ;

Dans le triangle RMC, RM, MC & l'angle MRC = RMb = 15° ſont donnés : je dis donc

Comme le rayon du centre de gravité :

Eſt au rayon du cylindre : : (ou comme 2 à 3, ou MC : MR : :)

Ainſi le ſinus de l'angle MRC de 15° = 2588190.

A 3882285 ſinus de l'angle NCM ou RCf = 22° 50′ + :

Et cet angle RCf étant égal aux deux angles oppoſés MRC, RMC, ou RMf, ſi de 22° 50′ on ôte 15° pour l'angle MRC = RMb, il reſtera l'angle requis RMf = 7° 50′ + comme auparavant.

Ayant donc ôté 45° 40′ + de 180°, il reſtera pour l'arc VzT 134° 20′, qui ſera la route du cylindre ſur le plan Tv, c'eſt-à-dire 134 $\frac{1}{3}$ parties de celles dont 360 ſont la circonférence du cylindre, par où l'on pourra trouver la hauteur vz à laquelle il s'éleve ſur le plan, en cette maniére ;

Comme le ſinus total :

A 134 $\frac{1}{3}$: :

Ainſi le ſinus de l'angle vTz :

— avz = 34, 77 — Ce qu'il falloit trouver.

M. *Charles de Labelye* ayant fait de nouvelle réfléxions ſur le mouvement du cylindre plombé (Voyez *Planche* 4. *Figure* 15.) à meſure qu'il roule ſur un plan incliné, m'a communiqué diverſes propoſitions rélatives à ce mouvement ; j'ai cru qu'elles feroient plaiſir à un Lecteur curieux.

PROPOSITION I. *Planche 6. Figure 3.*

Planche 6. Figure 3.

Trouver TS *generalement.*

Soit MT = a, MS = b, MB = X, nous aurons $\sqrt{aa - xx}$ = = BT & $\sqrt{bb - xx}$ = BS, mais, puiſque BT — BS = TS, il ſuit que $\sqrt{aa - xx} = \sqrt{bb - xx}$ = TS, qui ſera par conſéquent

connu, en faisant X = au sinus de l'angle dinclinaison du plan avec l'horizon, & supposant MT rayon. NOTES sur la IIe. Leçon.

Autre maniere sans extraire les racines.

Comme MS (= *b*) : est au sinus de l'angle MTS : : ainsi MT (= *a*) : est au sinus de l'angle MSB, lequel étant connu, MS l'est aussi. Dites ensuite, comme le sinus de l'angle MTG : est à MS (= *b*) : : Ainsi le sinus de l'angle TMS : est à TS requis.

Supposant maintenant le centre de gravité en C, il est évident que le cylindre doit rouler en haut, jusqu'à ce que le point V dans la circonférence (ayant fait CV = CR = TS) arrive en *v* ; car alors le centre de gravité sera dans la même position que lorsqu'il est en S au-dessus de T, & pour trouver en quel point de la ligne T*a*, le point V doit s'appliquer, il est évident que la ligne T*v* doit être égale à l'arc TV : Donc en supposant une cycloïde (*Planche 6. Figure 4.*) dont le cercle generateur est égal à la base du cylindre & le sommet en T, l'axe sur TA, si l'on mene VO paralléle au plan TF ; par une proprieté de la cycloïde la ligne VO étant partie d'une ordonnée, sera égale à l'arc TV. Faisant donc T*v* égal à VO, on aura le point V requis. Planche 6. Figure 4.

Autre Methode.

Puisque l'ordonnée HO est composée de VO égale à l'arc requis & de de l'angle HV égale au sinus de cet arc ; en plaçant la même cycloïde, en sorte que son sommet soit en H, & son axe HT, elle coupera le plan en Y, en sorte que HO sera égale à TY, d'où ôtant Y*v* = HV, le reste sera T*v* = VO = à l'arc TV requis.

Autre Méthode.

Menez par V, VH paralléle au plan ; & plaçant la cycloïde avec son sommet en W, & son axe sur WL paralléle à HT, elle coupera le plan en *v* ; car L*v* = TY = HO & LT étant égal à WH = HV = *v*Y, il restera T*v* = VO = à l'arc TV requis.

PROPOSITION II. *Planche 6. Figure 5.*

On peut encore demander, *Quel degré d'inclinaison à l'horizon, un plan doit-il avoir pour que le cylindre roule au haut de ce plan de la longueur d'un arc donné de la circonférence de sa base ?* Par exemple, l'arc donné étant TV, pour le trouver nous devons faire réfléxion, que lorsque le centre de gravité est au-dessus de V, après que le cylindre a roulé, la ligne CV menée par ce centre de gravité, doit faire le même angle, la ligne VM, (menée par le point V & M centre de grandeur) que la ligne CT fait avec TM, lorsque Planche 6. Figure 5.

Notes sur la IIe. Leçon.

le centre de gravité est en S au-dessus de T. Maintenant, puisque l'angle CVJ ou CVM est égal à CTM & CJV égal à son opposé MJT; il suit que TMV donné est égal à TCV requis. D'où je conclus qu'un cercle qui passe par T, M & V passera aussi par C, ce qui donne la Méthode suivante : *l'arc* T V *étant donné*, cherchez le centre d'un cercle qui passe par T, M, V ; ce cercle coupera le cercle décrit autour du centre de grandeur M (avec la distance de ce centre au centre de gravité) en C : ensuite faisant CR = CV, on menera RCT, & dans l'endroit où elle coupe le cercle de la base du cylindre en T, menez MT, formant l'angle MTS ; & cet angle sera égal à *v* TZ, angle requis de l'inclinaison du plan T*v*, comme il est évident par ce qui a été dit.

Proposition III. *Planche 6. Figure 5.*

Planche 6. Figure 5.

On peut aussi demander, *sur combien de degrés de la circonférence, ou sur quelle partie d'un arc le cylindre roulera, pour décrire un espace donné sur le plan incliné ;* c'est-à-dire, T*v* étant donné, trouver TV. On peut le trouver en deux manières, car ayant le diamétre, on doit dire — comme 113 : est 355 : : ainsi le diamétre, est à la circonférence, dont la moitié sera le plus grand T*v*, que le cylindre puisse décrire. De même par la regle de proportion — comme la demi-circonférence est à 180 degrés : : ainsi T*v* (mesure en parties de la même grandeur que celles de la demi-circonférence :) est au nombré des degrés de l'arc TV.

Planche 6. Figure 6.

Mais si l'on veut trouver le point V par construction ; sur le point T de la ligne T*v* (*Planche 6. Figure 6.*) ou du plan donné, élevés perpendiculairement la ligne TA ou diamétre du cylindre, & décrivés un cercle égal à la base du cylindre ; ensuite plaçant la cycloïde dont nous avons fait usage ci-devant, en sorte que son axe soit paralléle au diamétre du cercle (qui est ici égal à son cercle générateur) lorsque le sommet de la cycloïde est dans la circonférence du cercle, & que la courbe de la cycloïde tombe en même-tems sur le point *v* ; vous aurez par le sommet de la cycloïde le point W donné : & prenant TV égal à TW, il sera aussi égal à T*v*, par ce qui a été dit ci-devant.

On ne peut pas trouver le vrai Maximum *de l'élevation du cylindre, sans trouver quelque* formule, *ou expression algébrique pour l'élevation du centre de grandeur, ou une autre* formule *qui ne contient pas plus de quantités inconnuës, que dans la premiere Méthode d'exprimer la chûte du centre de gravité du cylindre pendant qu'il roule. Mais après avoir bien considéré la figure, on voit que ces* formules *demandent la rectification de la circonférence ou d'un arc de cercle ; ce qui n'étant pas possible sans les* suites *infinies, m'a fait abandonner ce projet.*

43. [40 — *On trouvera de même leur centre commun de gravité.*] On peut trouver par ce moyen le centre de gravité de notre système, dans chaque position des planétes. * Supposons-les toutes d'abord d'un seul côté & dans une ligne SCA (*Planche 8. Figure 4.*) qui passe par le centre C du soleil, ou pour parler le langage des Astronômes, supposons que toutes les planétes supérieures

* Voyez la derniere Edition des Principes de Newton, L. 3. pr. 12.

Notes sur la IIe. Leçon.

supérieures soient en opposition, & les inférieures dans leur conjonction inférieure. 1°. Le centre commun de gravité de *Mercure* & du soleil sera fort près du centre du soleil; parce que la quantité de matiére dans le soleil est d'un million de fois plus grande que dans *Mercure*, & que *Mercure* n'est pas éloigné du centre du soleil de 82, 5 demi-diamétres du soleil. 2°. *Venus* (en supposant, comme très-probable, qu'elle a environ la même quantité de matiére que la terre) étant prise en considération n'attirera qu'un peu en avant le centre des trois corps, c'est-à-dire, vers ♀, parce que sa masse n'est à celle du soleil que comme environ 1 à 169282, & que sa distance au centre du soleil n'est que d'environ 145 demi-diamétres du soleil. 3°. Le centre commun de gravité de la terre & des trois corps précedens, ne sera porté que fort peu en avant. 4°. Le centre commun de gravité de Mars & des autres quatre corps sera porté encore un peu plus près de la surface du soleil vers ♂, mais non pas à la moitié de distance du centre du soleil à sa surface. 5°. La quantité de matiére dans *Jupiter* étant à la quantité de matiére dans le soleil, comme 1 à 1067, & la distance de *Jupiter* au soleil comparée au demi-diamétre du soleil, étant dans une raison un peu plus grande, le centre commun de gravité de *Jupiter* & du soleil sera un peu hors de la surface du soleil; & par conséquent le centre commun de gravité de *Jupiter* & des autres cinq corps viendra vers 4 un peu plus avant. *Enfin*, la matiére dans *Saturne* étant à la matiére dans le soleil comme 1 à 3021, & la distance de *Saturne* au soleil étant au demi-diamétre du soleil dans une raison un peu moindre; leur centre commun de gravité, sans les autres cinq corps, sera dans un point comme ♄, un peu en-dedans de la surface du soleil; & par conséquent le centre commun de gravité de tous les sept corps sera en J, toujours un peu plus avant en-dehors de la surface du soleil, mais à peine éloigné du centre du soleil de tout un diamétre. Lorsque *Jupiter* & *Saturne* sont de différens côtés du soleil, leur centre commun de gravité est toujours en-dedans du corps du soleil, en quelque position que soient les autres planétes, à cause de leur proximité & de la petite quantité de matiére qu'elles contiennent. C'est ce centre commun de gravité de notre Systême qui est en répos, & non le centre du soleil; car le soleil a une espéce de mouvement d'ondulation autour de ce centre. *La petite différence occasionnée par les Cométes & par les Satellites des planétes principales, ne mérite pas que nous en parlions ici.*

14. [44 — *La ligne de direction tombe en-dedans de leur base.*] La Tour de *Pise* est une tour ronde qui a 138 pieds de hauteur, dont le sommet paroît suspendu sur la base de 15 pieds, comme elle est representée dans la *Figure* 5. *Planche* 8. & la Tour de *Bologne* est quarrée, de 130 pieds de hauteur, son sommet n'étant incliné sur la base que de 9 pieds. Voyez *Figure* 6. *Planche* 8. Planche 8. Figures 5 & 6.

Les mouvemens des animaux sont toujours soumis à ces regles, que nous gardons sans y penser. Lorque nous sommes droits sur nos pieds, comme on voit dans la *Figure* 7, la ligne de direction passe par le point C & entre nos pieds en D, & nous pouvons mouvoir notre tête de F en G & E, & notre corps en avant, en arriére ou à côté aussi loin que J ou H, sans danger de tomber, ou sans remuer nos pieds, tant que la ligne de direction

Notes sur la IIe. Leçon.

Planche 8. Figure 10.

ne va pas plus loin que J A ou H B, & qu'elle tombe en quelque point que ce soit de l'espace A B ; lequel dans cette situation de nos pieds forme une base fort grande. Mais si nous plaçons un pied devant l'autre, comme dans la *Figure* 10, une petite impulsion à côté sera cause que la ligne de direction (qui passe par C) tombera hors de la base à droite ou à gauche, vers E ou B ; auquel cas l'homme doit tomber s'il ne remet pas promptement ses pieds dans la position de la *Figure* 7 ou 9. Lorsqu'on se tient sur l'une des jambes, on doit porter son corps tellement au-dessus du pied A B ou D E (*Figure* 9.) que le centre de gravité étant directemnt au-dessus, la ligne de direction passe par *c* ou K, & en marchant, la ligne de direction doit passer par tous les endroits où chaque pied se pose, allant successivement par les points (*Figure* 8.) E, A, D, B, pendant que le centre de gravité passe par les points G, C, F, &c. en sorte qu'à moins qu'un homme marchant droit en avant, ne pose un pied directement avant l'autre, la ligne de direction ne décrira pas une ligne droite sur le plan où l'homme marche, mais une ligne endentée, c'est-à-dire, des angles à droite & à gauche, pendant que le corps de l'homme va en avant par un mouvement qui n'est pas droit. Nous voyons cela dans les gens gras lorsqu'ils marchent, & dans tous les autres qui écartent les jambes en marchant. *

* Il n'est pas exactement vrai que les hommes en marchant, mettent ordinairement un pied devant l'autre, de maniere à conduire en ligne droite le bas de leur ligne de direction, comme on l'a représenté dans les Figures 10. & 11. parce que si l'on tiroit une ligne droite avec de la craye, il seroit difficile d'aller droit le long de cette ligne ; mais la preuve la plus simple est l'observation de deux bâtons droits d'environ la hauteur d'un homme, l'un peint en blanc & l'autre en noir, posés à environ dix verges de distance l'un de l'autre, dans la même ligne où un homme marche vers les deux : car en ce cas quoique l'homme ait un œil fermé, le dernier bâton lui paroîtra tantôt à droite & tantôt à gauche du premier ; & cela d'autant plus que cet homme s'approchera plus des bâtons. Il est vrai que les Danseurs de corde (*Figure* 13.) marchent sur une ligne droite ; mais c'est l'art qui le leur a appris, & ils s'y sont formés par une longue pratique ; & même ils ont toujours besoin de quelques secours pour conserver leur centre de gravité sur la corde. Ordinairement ils fixent leurs yeux à quelque point éloigné dans le même plan que la corde. Ils ont communément un long bâton chargé aux deux extrémités de balles de plomb B, *b*, pour pouvoir par leur mouvement changer la position du centre commun de gravité de leur corps & du bâton ; par exemple le centre commun de gravité du Danseur de corde C A étant en A, sa ligne de direction passera par *a* hors de la corde : mais en mouvant le bâton vers B, le centre commun de gravité de l'homme & du bâton tombera en C, auquel cas la ligne de direction C D passe par la corde. Ceux qui voudront être bien exercés dans cet Art, doivent ne se servir de tems en tems que de leurs bras, au lieu du bâton, & il y en a plusieurs parmi eux qui dansent avec un pavillon, qui frappe l'air du même côté où va le centre de gravité, lorsque la ligne de direction ne passe pas par la corde, & par la réaction de l'air, le centre de gravité recule au point qui convient.

Ceux qui veulent faire de plus grandes recherches sur cette matiere, peuvent consulter J. A. Borelli *dans son Livre* de Motu animalium, *ch.* 18, 19, 20 & 21. *dans le ch.* 12. *il rend compte du mouvement d'un cheval. Je vais en repeter une partie, comme étant fort curieuse.*

Les Anciens observant que les chevaux & les autres quadrupedes, en galopant, élevoient les deux pieds de devant, & ensuite ceux de derriére, aussi-tôt que ceux de devant étoient posés, s'imaginoient qu'un cheval en *marchant*, soit en *allant le pas* & en *trottant*, avoit deux pieds hors de terre en même-tems ; & en conséquence dans leurs statues de fonte ou de marbre ils représentoient leurs chevaux avec les deux

NOTES sur la IIe. Leçon.

Planche 8. Figures 11 & 12.

La ligne de direction qui paſſe par les points A, B, C, D, E, décrit une ligne droite dans la *Figure* 11, où les pieds ſont placés l'un devant l'autre ; mais lorſque le mouvement d'un pied eſt dans une ligne paralléle au mouvement de l'autre, le centre de gravité décrit au-deſſus une ligne endentée, auſſi-bien que la ligne de direction, à meſure qu'elle coupe le terrein en A, B, C, D, E, (*Figure* 12.) Les canards, les oyes, & la plûpart des oiſeaux aquatiques, dont les jambes ſont écartées pour qu'ils puiſſent nager plus aiſément, & ſe tourner promptement dans l'eau, ne marchent jamais droit ſur terre ; mais le coq, la cicogne, l'autruche & pluſieurs autres oiſeaux qui n'ont pas le pied plat, marchent preſque directement en avant, ſans ondulation (ſur-tout lorſqu'ils vont lentement) ayant leurs jambes tellement placées qu'ils peuvent mettre un pied devant l'autre avec beaucoup de facilité. C'eſt ainſi que les quadrupedes marchent droit ordinairement, ou ne vont preſque jamais par ondulation, à cauſe qu'ils ont communément trois pieds ſur le terrein en même-tems : en ſorte que la baſe qui reçoit la ligne de direction, quittant la figure quadrangulaire pour prendre la triangulaire, la partie de cette baſe où tombe la ligne de direction, eſt toujours dans la même ligne ou fort près.

Lorſqu'un homme ſe tient dans une poſture ferme, A B (*Figure 7. Planche* 8.) diſtance de ſes pieds, eſt la longueur d'une figure quadrilatere, dont la largeur eſt à fort peu près égale à la longueur des pieds, & D eſt le point ſous le centre de gravité C, où tombe la ligne de direction. Soient menées

jambes en l'air diagonalement oppoſés, comme la droite de devant & la gauche de derriére, ou la gauche de devant & la droite de derriére. Les Statuaires modernes ſont auſſi tombés dans la même erreur, parce que l'œil ne peut pas bien diſtinguer le mouvement du cheval lorſqu'il va fort vîte ; c'eſt pour cela que *Borelli* a fait voir par les Principes de la Méchanique, que le mouvement de deux pieds à la fois dans la marche du cheval, ne peut pas s'accorder avec la ſageſſe & la ſimplicité de la nature. Je renvois donc à cet Auteur le Lecteur qui veut ſçavoir pourquoi ce mouvement ne peut pas ſubſiſter, & je vais copier d'après lui en quoi conſiſte le mouvement du cheval. *Planche* 8. *Figure* 14.

» Conſidérons un cheval comme une » machine oblongue ſoutenuë par les quatre jambes, comme par quatre appuis ou » colonnes, qui ſont en répos ſur les points » A, B, C, D, qui forment une figure » quadrilatere rectangle ; la ligne de direction tombera perpendiculairement ſur le » point E qui eſt ou dans le centre ou près » du centre de la figure quadrilatere ; ce qui » rendra le cheval très-ferme ſur ſes pieds. » Le mouvement progreſſif commence par » un des pieds de derriére, comme par exemple, par le pied gauche de derriére C, » qui en preſſant fortement le terrein par » derriére, pouſſe en avant le centre de gravité, & par conſéquent entraîne la ligne » de direction de E en G, & ſe meut lui-» même de C en F. Cela fait, le pied B » s'éleve immédiatement après, & ſe porte » en avant juſqu'en H. Ce mouvement du » pied eſt aiſé, parce que la ligne de direction tombe d'abord en-dedans du triangle » A B D ; enſuite en-dedans du trapeze » A B F D ; c'eſt-à-dire, que le corps du » cheval eſt ſoutenu par trois ou par quatre » colonnes. Enfin les trois pieds A, D, F » reſtant fermes, & la ligne de direction » étant en G, le pied gauche de devant B » eſt porté en avant en H ; & par l'impulſion » déja faite, le centre de gravité eſt auſſi » porté au-deſſus de J, qui eſt le point » central du Rhombe A H F D. Le mouvement des deux pieds gauches étant achevé, l'impulſion & le mouvement du pied » droit de derriére D commence, & enſuite » celui du pied droit de devant & toujours » de même, comme on vient de le dire, à » meſure que l'animal ſe ment en avant.

Notes sur la IIe. Leçon.

les lignes A C & B C, & que ces deux lignes avec D C soient continuées aux points E, F, G, en sorte qu'elles forment les triangles E C G & A C B égaux & semblables. Tant que la ligne F G (ou le plan qui passe par cette ligne) coupe tout le corps de l'homme en deux parties égales, le centre de gravité reste en C, & C D est la ligne de direction. Mais si le corps est incliné vers la main gauche H, le centre de gravité se meut de C vers H, & le pied droit s'éloignant aisément de A, pour se porter au-delà de B. Par ce moyen l'homme ira en avant vers la gauche. De même en se panchant vers J, la ligne de direction s'approche de J A, & l'homme va à droite. Lorsqu'un homme se tient sur un pied, il y trouve quelque difficulté. Par exemple, soit la ligne de direction C D; par le mouvement du sang & des poûmons, & par d'autres mouvemens animaux, le centre de gravité pourra chanceler ou être prêt à tomber vers F ou vers G de part ou d'autre autour du centre du mouvement D, ou maintenant la base fort petite. Si la ligne de direction tend vers B, l'homme doit tomber en avant, & si elle tend vers E, il doit tomber en arriére; & quoique A soit sous le talon du pied, néanmoins dans le mouvement de cette ligne de direction de D en A, le corps sera en danger d'aller trop loin vers E, & par conséquent de porter la ligne de direction en-delà de la base. Cela arrivera plus probablement dans le mouvement du corps à côté; en sorte que le corps sera en danger de tomber, à moins que le pied droit ne soit posé en bas vers le côté où le corps panche. Les oiseaux se tiennent sur un pied beaucoup plus aisément que les hommes, parce que leur ligne de direction étant beaucoup plus courte, & la base de leurs pieds étant une grande figure rhomboïde formée par les quatre ongles, la ligne de direction ne peut pas sortir de cette base, à moins que le centre de gravité ne monte, ce qui est impossible sans un mouvement violent. (28, 43.)

Lorsqu'un Porteur est chargé d'un poids qu'il porte sur ses épaules, il doit se baisser, parce que s'il se tenoit droit, le centre commun de gravité de l'homme & du poids seroit porté si loin en-arriére, que la ligne de direction tomberoit derriére les pieds. Par la même raison, lorsqu'une femme est prête d'accoucher, elle se tient en arriére autant qu'elle peut, à cause de la charge qu'elle porte en-devant, qui sans cela la feroit tomber en avant.

Planche 9. Figure 1.

15. [51 — *Roulera le long du Plan.*] Si la balle F E (*Planche 9. Figure 1.*) est placée sur un plan horizontal poli A B, elle y restera toujours, quoiqu'elle ne le touche qu'en un seul point comme O, parce que la ligne de direction *c* O passe par ce point; mais si le plan est tant soit peu incliné à l'horizon, la balle roulera continuellement vers D, parce qu'alors la ligne de direction tombera toujours en-devant du point touchant.

Si un corps solide comme G (*Planche 9. Figures 2 & 3.*) compris sous douze parallélogrammes rectangles & deux dodécagones opposés, paralléles & égaux, est placé sur le plan incliné B A C, il gliſſera de A en C, le centre de gravité se mouvant dans la ligne *e g* paralléle au plan A C, *i o*, & un des plans parallélogrammes du corps touchant ledit plan A C. Mais si le plan est plus incliné, comme dans la position D E, on voit en menant

l'arc *e f* avec la distance *i e* autour du point *i* (qui est alors le seul endroit où le corps touche) que le centre de gravité peut descendre ; & lorsque le point *o* est appliqué au plan DE, la ligne de direction doit tomber au-delà dudit point *o* vers E, & par conséquent le corps doit rouler ou tomber vers E. De même tous les points angulaires, ou plûtôt les côtés des surfaces planes, s'appliqueront successivement au plan DE, jusqu'à ce que le corps ait entierement roulé en bas.

Notes sur la IIe. Leçon.

16. [*Dans la charge de fer le centre de gravité est bas ; mais dans la charge de foin, il est fort haut.*] K (*Planche* 9. *Figure* 4.) est le centre commun de gravité de la charge de foin & de la charrête PM, dont la ligne de direction est KE, lorsque le plan PM (sur lequel la charrête est tirée) est horizontal ; mais si CD est une ligne horizontale, le plan PM sera incliné à l'horizon de l'angle BPD, & la ligne de direction étant changée de KE en KP (à cause que KP est la seule perpendiculaire de K sur CD) tombera hors de la base QM vers C, & par conséquent la charrête sera renversée de ce côté-là ; ce qui paroît aussi en traçant tout autour du point touchant Q avec la distance QK l'arc KR, qui marque le chemin du centre de gravité, qui dans ce cas peut descendre sans monter auparavant. Par la même raison, si la charrette est tirée le long d'un plan horizontal, dont la section est représentée par CD ou PN, & que la rouë M rencontre un obstacle de la hauteur de NM, la charge de foin sera aussi renversée par cet obstacle.

Planche 9. Figure 4.

Mais comme une charge de fer (*Planche* 9. *Figure* 5.) se trouve beaucoup plus basse sur la charette, le centre de gravité sera aussi plus bas, & par conséquent la ligne de direction tombera en-dedans de la base sur le même plan incliné, qui auroit fait sortir de la base une charge de foin, comme il est évident par le figure. Que CD represente encore ici une ligne horizontale, & QM le chemin ou la base qui porte la charrette, l'angle d'inclinaison MQN dans cette figure étant égal à MQN dans la *Figure* 4, la ligne de direction KP tombera ici en-dedans de la base QM, & ne pourra tomber en-dehors que lorsque l'angle d'inclinaison sera augmenté jusqu'à BQY, en faisant XY ligne horizontale ; ou ce qui revient au même, à moins que la rouë M ne rencontre un obstacle de la hauteur de *y* M beaucoup plus élevé que celui qui auroit renversé la charge de foin.

LEÇON III.

LEÇON III.

1. LES *Machines ſimples* ou *Inſtrumens* que quelques-uns nomment *facultés méchaniques*, ou *Puiſſances méchaniques*, * ſont des Inſtrumens tout d'une piéce (conſidérés comme tels); par le moyen deſquels les *Puiſſances* décrites dans la derniere Leçon (n°. 19. 20.) agiſſent ſur les poids pour leur donner du mouvement ou pour l'arrêter; pour ſurmonter, produire ou fixer la réſiſtance.

* Note 1.

2. TOUTES les machines (quelque compoſées qu'elles ſoient) pour les uſages de la vie, réſultent des différentes combinaiſons des machines ſimples. Quelquefois on les trouve toutes dans une ſeule machine; quelquefois on en trouve deux ou trois, & ſouvent on n'en trouve qu'une repetée pluſieurs fois.

3. LES *Machines ſimples* ſont les ſept ſuivantes; la *Balance*, le *Levier*, la *Poulie*, le *Tour*, ou (*Axis in peritrochio*), le *plan incliné*, le *Coin* & la *Vis*. N. B. *Les Auteurs différent ſur le nombre des* Puiſſances méchaniques; *quelques-uns n'en comptent que* ſix, *ne voulant pas comprendre parmi les Machines* le plan incliné, *dont j'ai fait mention. D'autres les ont réduites à* cinq, *conſidérant que la* Vis *n'eſt qu'un* Coin *qui roule autour d'un cylindre : & d'autres encore ont prétendu que le* Levier *& la* Balance *n'étoient que la même puiſſance, à cauſe de leur reſſemblance. Mais puiſque le même principe eſt ſeulement appliqué différemment* (*comme on peut le voir en réduiſant toutes les* Puiſſances méchaniques *au* Levier, *ou expliquant toutes leurs opérations par celle du* Levier *) *& que nous avons à rendre compte des Inſtrumens inventés pour cette différente application, il paroît que les* Puiſſances méchaniques *ſont au nombre de* ſept.

* Note 2.

4. AVANT que d'expliquer en détail ces puiſſances ou inſtrumens, il y a quelques réfléxions générales à faire rélativement à toutes les machines, leſquelles faciliteront les calculs que nous ferons à leur occaſion, & rendront leur exécution dans la pratique auſſi parfaite, que la nature des matériaux dont elles ſont compoſées, pourra le permettre.

SUPPOSITIONS.

5. QUOIQUE la terre ſoit ſphérique, cependant nous la ſuppoſerons plate, lorſque nous parlerons des inſtruments méchaniques ; parce que la plus grande machine couvre une ſi petite partie de la ſurface de la terre, qu'en lui accordant la moindre rondeur ſenſible dans un ſi petit eſpace, ce ſeroit trop lui accorder de beaucoup.

6. QUOIQU'AUCUN des corps qui ſont entre nos mains ne ſoit parfaitement dur, ou exactement de la figure que nous prétendons leur donner, cependant nous ſuppoſerons chaque choſe parfaite dans toutes nos machines ; par exemple que tous les corps étroits, comme le *fleau d'une balance*, un *lévier*, &c. ſont des corps mathématiques *roides* & ſans épaiſſeur, ou des lignes tout-à-fait infléxibles ; que les *puiſſances méchaniques* (ſoit qu'elles ſoient ſimples, ou qu'elles forment les machines compoſées) ſont ſans péſanteur, de quelques matériaux qu'elles ſoient compoſées ; que les corps ſont parfaitement durs & polis ; que les parties des machines ſe meuvent les unes les autres ſans frottement ; que les cordes ſont extrêmement pliantes ; que les chevilles centrales des poulies, ou aiſſieux de leurs mouvements, des balances, des léviers, des tours, &c. ne ſont que des lignes mathématiques.

7. QUOIQUE les lignes de direction (L. 2. 22.) de tous les corps peſans, tendent vers le centre de la terre, & par conſéquent forment enſemble un petit angle ; cependant nous les conſidérons comme paralléles, parce qu'elles le ſont ſenſiblement, leur point de convergence n'étant qu'à 4000 milles de diſtance. C'eſt pour cette raiſon que les murailles d'un bâtiment, lorſqu'elles ſont exactement plombées, ſont plus proches en bas qu'en haut, quoique dans la pratique on doive les regarder comme paralleles.

8. MALGRE' la fauſſeté de ces ſuppoſitions, nous n'avons pas à craindre qu'elles nous faſſent tomber dans aucune erreur ; parce que, par une ſeconde conſidération nous aurons égard à l'imperfection des machines & des matériaux, & à la quantité du frottement, qui eſt différent ſelon le nombre & la combinaiſon des parties, & ſelon la nature des matériaux dont les diverſes machi-

Leçon III. nes ſont compoſées : & ayant fait uſage des meilleures méthodes que nous pourrons avoir pour découvrir les imperfections précédentes dans chaque machine particuliere, nous aurons ſoin de faire connoître ce qui doit être déduit du calcul qu'on aura fait ſur une machine qu'on aura trouvée mathématiquement vraye.

N. B. *On verra dans la ſuite les différentes méthodes pour trouver la quantité du frottement dans les machines.* *

* Note 3. & L. 4.

DE'FINITIONS.

9. Lorsque des quantités égales ou inégales de matiére ſont tellement appliquées à un inſtrument méchanique ou à une machine, que leurs *moments* ou quantités de mouvements, ou forces mouvantes, ſe détruiſent mutuellement, on dit qu'elles ſont *en équilibre*. Leç. 2. 12.

10. Lorsque des puiſſances, dont les intenſités ſont égales ou inégales, ſont tellement appliquées à une machine que leurs actions ſe détruiſent mutuellement, on dit auſſi qu'elles ſont en *équilibre*. L. 2. 12.

11. Tous les corps qui agiſſent l'un contre l'autre par le moyen des machines, peuvent être regardés comme des *puiſſances* & des *poids*, déja décrits *Lect.* 2. N. 18. 19.

12. Les corps *en équilibre* ſont dits *équiponderans*.

13. Lorsque les puiſſances & le poids ont leurs vîteſſes en raiſon réciproque de leurs maſſes ou de leurs intenſités (Lec. 2. 20.) leurs *moments* ſont égaux, & par conſéquent il y a *équilibre*. (9.)

14. Si le *moment* d'une puiſſance eſt plus grand que celui du poids (ou au contraire) ſi le *moment* du poids eſt plus grand, cette puiſſance ou ce poids *prépondera* ou ſurmontera.

15. Lorsque la *vîteſſe* (la maſſe étant égale) ou la *maſſe* ou l'*intenſité* d'un poids ou d'une puiſſance (la vîteſſe étant égale) ou tant la maſſe que la vîteſſe enſemble ſont plus grandes dans une puiſſance ou dans un poids que dans le poids ou la puiſſance oppoſée

oppoſée (ou qui agit contre l'autre) ; le *moment* de la premiére ſera plus grand que celui de la derniére. * LEÇON III.

N. B. *Cela arrivera, quelque petite que ſoit la différence, quoiqu'alors la réſiſtance produite par le frottement empêchera l'effet d'être viſible.*

* L. 2. 15. 17.

DE LA BALANCE.

16. LES parties eſſentielles de la balance ſont, 1°. Le fleau, comme AB (*Figure 6. & 7. Planche 9.*); 2°. L'axe du mouvement, que l'on ne conſidére que comme un point ou le centre du mouvement C, qui diviſe le fleau en deux parties. 3°. Ces deux parties qu'on nomme les *bras* comme AC & CB; qui ſont ou égales comme dans la *Figure 6*, ou inégales, comme dans la *Figure 7*. 4°. Les points de ſuſpenſion, comme A, B dans la 6e, & A, B, K, K dans la 7e. Figure.

Planche 9. Figure 6. 7.

17. LORSQUE les poids pendent librement des points de ſuſpenſion, ils n'ont de gravité ni plus ni moins, ſoit qu'ils ſoient ſuſpendus près ou loin de ces points.

EXPÉRIENCE I. *Planche 9. Figure 6.*

18. SOIT le poids Q avec ſa corde QA, ſuſpendu à l'extrémité A de la balance AB, égal au poids P avec ſa corde DB. Suſpendez le poids P à l'une des gances G, F, E, D, de ſa corde ; & dans chacune il fera *équilibre* avec le poids oppoſé, & également éloigné Q.

Planche 9. Figure 6.

19. LORSQUE le fleau de la balance eſt également diviſé par le centre du mouvement (comme dans la 6e. *Figure*) avec des baſſins ſuſpendus librement aux points A, B, au lieu des poids Q & P, on l'appelle ſimplement *Balance*.

20. CET inſtrument ſert à comparer enſemble les corps qui ont des quantités égales de matiére, quoiqu'ils différent ſouvent en volumes ; car lorſque les marchandiſes qu'on veut acheter ou vendre ſont placées dans un baſſin, enſorte qu'elles tiennent en *équilibre* les poids qui ſont dans le baſſin oppoſé, les *moments* ſont égaux ; & puiſque les vîteſſes ſont égales à cauſe des diſtances égales AC & CB (12), les quantités de matiére ſeront auſſi

LEÇON III.

égales : & cela se voit par la position horizontale du fleau qui pend librement sur son centre de mouvement, lequel est placé un peu au-dessus de son centre de gravité. Voyez la 4e Note.

Planche 9. Figure 6. Note 4.

Delà il suit que la distance d'un poids (j'entens celle qui agit) ne doit pas être mesurée depuis le centre du mouvement de la balance, jusqu'au centre de gravité du poids ; & que par conséquent les lignes c*n*, c*m*, n'expriment pas les distances des poids P & Q ; mais leurs distances sont proprement CB & CA, qui sont les moindres distances de leurs lignes de direction N*n* & M*m* au centre du mouvement C : Ainsi lorsque les poids pendent librement sur une balance horizontale, la distance de leurs points de suspension a C peut se nommer leur distance, & se mesurer sur le fleau ; mais si la balance est dans une position inclinée comme *a b*, les distances des poids *p* & *q* ne seront pas *b* C & *a*, mais *d* C & *e* C, qui ont des lignes perpendiculaires à leurs lignes de direction *p o*, *q a*, & qui passent par le centre du mouvement. Ce sont par conséquent les moindres distances de ce centre à ces lignes de direction.

21. LA balance, dont les bras sont inégaux (*Planche 9. Figure 7.*) comme AB, se nomme *Romaine* ; elle se rapporte au petit instrument que les Chinois (qui prennent toute leur monnoye au poids) portent toujours avec eux, & qu'ils nomment *Dotchins*. Voyez N°. 13. de la *Leçon 2. Planche 4. Figure 3.* Cet instrument sert à comparer ensemble, par une seule opération, les corps qui ont des quantités égales ou inégales de matiére ; mais pour les marchandises pesantes, il n'est pas aussi exact que les balances ordinaires.

La balance de la *Figure* 8. peut servir autant qu'une romaine ou une balance simple, à cause des différentes divisions qui sont sur chaque *bras*.

THE'OREME.

22. *UN ou plusieurs poids suspendus à un* bras *d'une balance seront en* équilibre *avec un ou plusieurs poids suspendus à l'autre* bras, *pourvû que la somme des* moments (*ou toute la quantité du mouvement*) *des poids d'un côté du centre du mouvement, soit égale à celle des* moments *de l'autre côté du centre.*

EXPÉRIENCE II. *Planche 9. Figure 8.*

23. SUR le *bras* AC pendent un poids de 3 livres à la diviſion 8, un de 6 au nombre 5, un de 3 au nombre 1, & un de 9 au nombre 3. Enſuite ſur le *bras* CB pendent un poids de 2 livres en 2, un de 12 en 5, & un de 2 en 10. Je dis que la balance ſera en *équilibre.* Planche 9. Figure 8.

24. PUISQUE la vîteſſe des poids ſuſpendus à une balance dépend de leurs diſtances au centre du mouvement, chaque poids étant multiplié par ſa diſtance à ce centre donnera ſon *moment* : Donc $8 \times 3 (= 24) + 5 \times 6 (= 30) + 3 \times 1 (= 3) + 3 \times 9 (= 27)$ donneront la ſomme 84 pour le *moment* ou quantité de mouvement ſur le *bras* AC : & $2 \times 2 (= 4) + 5 \times 12 (= 60) + 10 \times 2 (= 20)$ donneront la même ſomme 84 pour le *moment* ſur le *bras* CB : & par conſéquent ces *moments* égaux agiſſant dans des directions contraires, doivent produire un *équilibre* (9). Si tous les poids qui ſont ſur le *bras* AC étoient réduits à un ſeul, ſçavoir, à un poids de 21 livres ſuſpendu à la quatriéme diviſion, il tiendroit en *équilibre* un poids égal à tous les autres qui ſont ſur CB, ſuſpendus à un quart de la diviſion au-delà de la 5e. parce que $4 \times 21 = 5\frac{1}{4} \times 16 = 84$, comme on l'a fait voir dans la ſeconde *Lec.* 13.

PROBLE'ME.

25. *DES poids égaux ou inégaux étant ſuſpendus aux extrémités d'une balance dont la longueur & le poids ſont connus : trouver le point fixe ou le centre du mouvement autour duquel leſdits poids ſeront en* équilibre.

EXPÉRIENCE III. *Planche 9. Figure 7.*

AB eſt une balance qui peſe quatre onces, & a 12 pouces de longueur. A ſes extrémités A & B ſont ſuſpendus des poids de quatre & huit onces. Planche 9. Figure 7.

Trouvez le centre commun de gravité deſdits poids. (L 2. 39.) qui ſera directement ſous le point K au nombre 4. Faites de K le centre du mouvement, & alors le centre de gravité étant dans

LEÇON III.

son lieu le plus bas, le problême sera résolu, si la balance AB n'a point de pésanteur. Mais comme la balance pese quatre onces, le *bras* AK doit l'emporter sur le *bras* KB, & détruire l'*équilibre*. Mais une seconde opération semblable à la premiére résoudra parfaitement le problême, après la préparation suivante. Suspendez le poids E égal aux deux premiers poids ou 12 onces. A la coche sous K, au centre commun de gravité des deux poids, lequel réduisant leurs poids au centre de gravité, ils agiront comme auparavant. (L. 2. 34.)

Planche 9. Figure 7.

Réduisez aussi le poids de la balance à son centre de gravité, en suspendant le poids D de 4 onces (ou égal au poids de la balance) à x sous 6, centre de grandeur, qui est aussi le centre de gravité, parce que la balance est réguliere & homogéne. Alors nous aurons la courte balance 64 ou xK sans poids, & le point C ou vrai centre du mouvement, se trouvera par cette analogie, E + D (16 onces) : D (4) :: xK (ou longueur de deux pouces) : KC (ou un demi pouce.) Ce point sera directement au-dessus du centre de gravité de la balance & de tous les poids, & ôtant les poids D & E, l'équilibre subsistera; l'altération du centre de mouvement de K en C faisant la correction pour l'inégalité des poids des *bras* de la balance.

PROBLE'ME.

26. UN poids donné étant suspendu à l'une des extrémités d'une *balance* d'un poids connu, trouver le *point* fixe autour duquel la *balance* & le *poids* sont *en équilibre*.

EXPÉRIENCE IV. *Planche 9. Figure 9.*

Planche 9. Figure 9.

AYANT suspendu le poids donné D, égal (par exemple) à quatre livres, à l'extrémité A de la balance AB, qui pese aussi quatre livres, puisque dans cette opération on fait attention au poids de la balance, on supposera que tout le poids de la balance est réduit à son centre de gravité (L. 2. n°. 43) comme si le poids de quatre livres étoit suspendu en C, centre de gravité de la balance, qui est le milieu de ses divisions 6: alors nous aurons une nouvelle balance (AC) sans poids, aux extrémités de laquelle sont suspendus les poids D & E, dont on trouvera le point fixe 3 (par la derniere Proposition), ou plus généralement par cette

analogie, comme D + E (ou le poids du corps, & le poids de la balance) : LEÇON III.

Sont à E (poids de la balance) : : Planche 9.

Ainſi C A (demi-longueur de la balance) : Figure 9.

Eſt à A 3 (diſtance du point fixe au corps péſant donné.)

PROBLE'ME.

27. FAIRE *une* balance *trompeuſe dont le fleau ſera en* équilibre *ſans les* baſſins, *ou avec les* baſſins vuides; *& qui ſera auſſi en* équilibre *lorſqu'on mettra dans les baſſins des poids inégaux; enſorte qu'elle trompera dans* toutes les proportions *que l'on aura voulu en faiſant la* balance.

Ce problême ſe réſoud en faiſant une romaine qui ait l'apparence d'un fleau ordinaire, comme dans l'Expérience ſuivante.

EXPÉRIENCE V. *Planche 9. Figure 10.*

AU fleau AB (long de 23 pouces, dont le *bras* CB a 11 pouces de longueur, & eſt en équilibre autour du point C avec le *bras* CA de 12 pouces de longueur, en le faiſant d'autant plus épais, ou qu'il ait d'autant plus de matiére, à proportion qu'il eſt plus court pour le corriger) ſuſpendez les baſſins D, E de maniére que D, qui peſe $\frac{1}{12}$ moins que E, ſoit ſuſpendu au plus long bras du fleau, & ils ſeront tous deux en *équilibre*. (9. 13.) Planche 9. Figure 10.

Plaçant enſuite un poids de 12 livres en G dans le baſſin E, il ne ſera en *équilibre* qu'avec 11 livres de F, ſi l'on place la marchandiſe que l'on veut vendre dans le baſſin D; parce qu'alors F eſt à G en proportion réciproque de B C à A C. (9. 13).

Quoiqu'on puiſſe faire cette balance avec tant d'adreſſe que les yeux y ſeront trompés; cependant la tromperie ſe découvre d'abord en changeant les poids, & faiſant paſſer la marchandiſe F d'un baſſin à l'autre; car alors le Propriétaire de la balance ſera forcé ou d'avouër la fraude, ou d'ajouter à la marchandiſe qu'il vend, non-ſeulement ce qui y manque, mais encore autant qu'il avoit réſolu de ſouſtraire, & une fraction de ce poids ajouté proportionnelle à l'inégalité des bras de la balance. C'eſt-a-dire, que dans ce cas, l'acheteur au lieu de 11 livres qu'on lui offroit pour 12 qui lui étoient dûës, aura (par le changement des baſſins) $13\frac{1}{11}$ livres. Car au lieu que dans la premiere poſition de la balance,

LEÇON III. F (11) × AC (12) étoit égal à G (12) × BC (11), lorsque G ou 12 livres sont placées dans le bassin D, alors 12 × 12 sera égal à CB (11) × $13\frac{1}{11}$ G : ou

Planche 9. Figure 10. Comme le *bras* CB de 11 pouces de longueur :

Est au *bras* CA de 12 pouces de long ::

Ainsi F ou le poids 12, placé dans le bassin D : sera à G = $13\frac{1}{11}$ poids de la marchandise qui tient les poids en équilibre. Et par conséquent comme cette analogie donne une proportion réciproque entre les poids & leurs vîtesses, les *moments* seront égaux, & ayant des directions contraires, ils se détruiront mutuellement.

N. B. *Dans tous ces cas nous supposons que les poids sont suspendus librement aux extrémités de la balance où ils sont attachés.* Voyez les autres cas dans les Notes. * Note 3.

DU LE'VIER.

28. LE *Lévier* (instrument connu de bois ou de fer) doit être regardé dans la théorie comme une ligne inflexible semblable au fleau d'une balance, & sujette aux mêmes proportions, excepté seulement que la puissance qu'on y applique est ordinairement une puissance *animée*, & selon les différentes maniéres de l'appliquer, on le nomme lévier de la *premiere* ou de la *seconde*, ou de la *troisiéme espéce*.

EXPÉRIENCE VI. *Planche 9. Figure 11.*

Planche 9. Figure 11. 29. SOIT la romaine PW tirée de son crochet K, & que son centre de gravité C soit placé sur un appui ou prisme triangulaire DE, & qu'au lieu du poids I, suspendu en P pour tenir en équilibre le poids W de 4 livres, on applique en P une puissance animée, telle que la main. La romaine deviendra un *lévier de la premiere espéce*, que l'on nomme ainsi, parce que l'apui ou le point fixe est entre les extrémités comme en C, auquel cas on peut employer une puissance quatre fois moindre en intensité que le poids, mais égale au poids, si C ou l'*appui* est approché de M (milieu de PW) & quatre fois plus grande, si C est placé à 3. N. B. *Dans tous ces cas, le lévier est toujours dit de* la premiere espéce. * Note 6.

30. LORSQUE l'*apui* est à un bout, la puissance à l'autre, &

le poids entre deux, le lévier eſt de la *ſeconde eſpéce*. *Planche* 9. *Figure* 12. LEÇON III.

Planche 9. Figure 12. 13.

31. MAIS il eſt de la *troiſiéme eſpéce*, lorſque le point fixe eſt à un bout, le poids à l'autre, & la puiſſance entre deux. *Planche* 9. *Figure* 13.

N. B *La puiſſance & le poids ſont toujours ſuppoſés agir à angles droits avec le lévier, à moins qu'on ne l'exprime autrement; car alors les cas doivent varier, comme on peut le voir dans la Note* 5. *ſur la balance qui peut également s'appliquer au lévier.*

Les proportions que les puiſſances & les poids ont réciproquement à leurs diſtances, ſont marquées à la 11e. 12e. & 13e. Figures.

EXPÉRIENCE VII. *Planche* 9. *Figure* 14.

32. PLACEZ les trois léviers A, B, D, de telle maniére ſur les apuis F, F, que la proportion des bras de A, ſoit comme 5 à 1, de B comme 4 à 1, & de D comme 6 à 1, & faites que ces léviers agiſſent l'un ſur l'autre : faiſant enſuite uſage d'une puiſſance égale à une livre à l'extrémité M du lévier D, elle ſera en *équilibre* avec W de 120 livres à l'extrêmité 1 du lévier A. Planche 9. Figure 14.

Dans ce lévier compoſé, la *proportion* ou *raiſon* du poids W à la puiſſance M, eſt compoſée des différentes *raiſons* du long *bras* de chaque lévier au bras court; car $5 \times 4 \times 6 = 120$. Et par conſéquent on trouvera, en meſurant l'élevation & la chute des extrémités du premier & dernier lévier, que pendant que le poids W deſcend $\frac{1}{10}$ d'un pouce, la puiſſance ou petit poids M doit monter $\frac{120}{10}$ ou 12 pouces; la force que l'on gagne par un tel lévier compoſé ſe trouve par la raiſon réciproque entre les mains & les vîteſſes de W & M.

Lorſque deux puiſſances appliquées aux extrémité d'un lévier, ſupportent un poids qui eſt en repos ſur le lévier, elles ſont l'une à l'autre réciproquement comme leurs diſtances au poids. La proportion eſt marquée ſous la *Figure* 15.

EXPÉRIENCE VIII. *Planche* 9. *Figure* 16.

33. DANS le cadre ABDC, le lévier FF eſt ſuſpendu aux points J, K, & chargé du poids 7 en C; & les poids dont les Planche 9. Figure 16.

LEÇON III.

cordes vont au-dessus des poulies G, H, étant l'un à l'autre réciproquement comme les distances JC, & CK, seront en équilibre avec le poids de 7 livres.

Planche 9. Figure 16.

N. B. *On ne fait pas attention ici au poids du lévier ; car à moins que les* bras EC & CF *ne soient l'un à l'autre, comme 3 à 4, le centre de gravité (ou le point C) doit être éloigné un peu plus vers J, comme on l'a dit ci-devant au sujet de la balance.* (n°. 25.)

C'est sur ce principe que les chevaux inégaux en force peuvent tirer également un carosse : car si la volée est divisée inégalement, le cheval qui est appliqué à l'extrémité la plus courte de cette volée, emploira plus de force. Deux hommes aussi qui portent un barril suspendu à une barre, sont pressés également sur leurs épaules, si le barril n'est pas suspendu au milieu ; celui qui porte le plus est celui qui est plus proche. Cela va s'éclaircir encore mieux par l'Expérience suivante.

EXPÉRIENCE IX. *Planche 6. Figure 17.*

34. LE pied F porte une planche horizontale A B, sur laquelle on doit poser le lévier 1, 2, divisé en proportion de 2 à 1, (supposant que ce soit un palonneau ;) ensuite plaçant la poulie *n* vis-à-vis de 2, & la poulie *m* vis-à-vis de 1, soient les poids O (1 liv.) & M (2 liv.) suspendus par des fils sur lesdites poulies ; ils seront en équilibre avec le poids N = 3 liv. lequel tire le lévier dans une direction contraire, sur la poulie *O* vis-à-vis de C.

Planche 6. Figure 17.

N. B. *Les poulies glissent dans une rainure au bord de la planche ; & restent en place lorsqu'on les a posées.*

EXPÉRIENCE X. *Planche 9. Figure 18.*

35. S'IL y a un lévier dont les bras fassent un angle tel qu'il est représenté dans la figure, avec son point fixe dans l'angle en C, le poids W pressant perpendiculairement sur l'extrémité W, sera tenu *en équilibre* par un poids d'une livre, qui tire l'autre extrémité du lévier P perpendiculairement (par le moyen d'une poulie sur laquelle passe la ligne de direction de la puissance) par deux livres en *p*, & par trois livres en *π*. C'est de cette manière qu'un marteau sert à tirer un cloud. Quelques-uns appellent ce lévier, un lévier de la quatriéme espéce ; mais c'est évidemment un lévier de la premiere espéce ; parce que le poids W est à une extrémité, la puissance P à l'autre, & le centre du mouvement

Planche 9. Figure 18.

C entre deux : Si le bras C W eſt placé en ligne droite avec P C, enſorte que W vienne en w, & que *c* devienne l'*appui*, on verra clairement que l'inſtrument eſt un lévier de la premiere eſpéce. * Leçon III. Planche 9. Figure 18.

De la Poulie.

* Note 7.

36. Lorsqu'une petite rouë eſt tellement fixée dans une rouë ou dans une chape, qu'elle ſoit mobile autour d'une cheville qui paſſe par ſon centre, cet inſtrument ſe nomme Poulie. (*Planche* 10. *Figure* 1.) & quelquefois, quoiqu'improprement la boëte ou la chape avec pluſieurs rouës qu'elle contient, ſe nomme auſſi une Poulie, comme dans la figure 2. Planche 10. Figure 1.

Lorſqu'une boëte avec ſes roues eſt tellement fixée, que pendant qu'elle reſte immobile, une autre boëte & d'autres rouës montent avec le poids ſuſpendu, cette machine ſe nomme *mouſle* ou double poulie.

37. La poulie ſupérieure qui eſt fixée n'augmente pas la force, mais elle empêche ſeulement le frottement, en faiſant couler la corde aiſément, & d'autant plus aiſément, que la rouë eſt plus grande par rapport à l'aiſſieu autour duquel elle tourne. * * Note 8.

Expérience XI. *Planche* 10. *Figure* 3.

Ayant attaché aux extrémités d'une corde pliante les poids 1 & 3, le premier d'une livre, & le ſecond de trois, ſi l'on fait paſſer la corde au-deſſus de la poutre quarrée, mais polie A B, le frottement de la corde ſur la poutre ſera ſi grand, qu'il empêchera le poids de trois livres d'élever celui d'une livre, quoique ſon *moment* (ſans cet obſtacle) ſoit trois fois plus grand, parce que ſa vîteſſe eſt la même, & ſa matiére triple. (L. 2. n°. 3.) Mais on n'attache qu'un poids d'une livre à l'extrémité de la même corde, & que l'on faſſe paſſer la corde ſur la poulie E D, les deux poids ſe ſoutiendront ſi exactement en *équilibre*, que le moindre poids ajouté à l'un des deux fera qu'il emportera l'autre : on voit par la ſeule figure, que ces poids doivent être en équilibre, puiſque le poids qui eſt à droite ne peut pas deſcendre en *d* ſans faire monter en E celui qui eſt à gauche, préciſément avec la même vîteſſe, 1, *d* étant égal à 1 E. N. B. *Cette poulie ſe nomme auſſi un Rouleau.* Planche 10. Figure 3.

LEÇON III.

38. UNE poulie inférieure au mouffle, c'eſt-à-dire celle qui eſt mobile avec le poids, enleve la moitié du poids; enſorte qu'une puiſſance de la moitié de ſon intenſité, peut le ſoutenir.

EXPÉRIENCE XII. *Planche* 10. *Figure* 4.

Planche 10. Figure 4.

A un crochet qui vient du centre de la poulie *g e* eſt ſuſpendu un poids de 2 livres; enſuite ayant attaché au crochet *f* du bras A la corde qui entoure la poulie *g e* par-deſſus, & l'ayant fait paſſer au-deſſus de la poulie *d*, le poids d'une livre au bout de la corde ſoutiendra les deux livres ſuſpendues au centre *c* de la poulie *g e*.

Il eſt évident que la puiſſance qui pouſſe en 1, agit de la même maniére que ſi elle portoit en haut en *d*; puiſque nous avons déja fait voir (n°. 37.) que la poulie ſupérieure n'augmente pas & ne diminue pas l'action de la puiſſance.

On peut voir tout d'un coup dans les poulies combien la force d'un poids eſt diminuée, ſi l'on conſidére combien de cordes (ou de parties d'une corde) ſont employées à l'élever, chacune diviſant le poids ſelon qu'elles ſont appliquées aux poulies inférieures où il eſt ſuſpendu, pendant que la puiſſance ne tire que par une corde. Par exemple, en ce cas les cordes *f e* & *d g* ſoutiennent le poids; mais *f e* eſt ſoutenuë par le crochet *f*, pendant que la puiſſance ne tire en haut que la corde *d g*.

39. DE LA on peut tirer cette régle générale pour connoître l'avantage que l'on gagne par les mouffles, quelque ſoit le nombre des poulies. La voici: *Comme un eſt au nombre des cordes (ou des parties d'une corde) appliquées aux poulies inférieures, ainſi la puiſſance eſt au poids.*

Par exemple, il eſt évident par la ſeule inſpection des figures (*Planche* 10. *Figures* 4. 5. 6. 7. & 8.) qu'une livre en ſoutiendra 4, comme dans la *Figure* 5. ſix comme dans la *Figure* 6, cinq comme dans la *Figure* 7. & ſix comme dans la *Figure* 8. N. B. *Les poulies & leurs cordes répréſentées par les Figures* 5, 7 & 8, *ſe nomment* poulies à quatre, à cinq & à ſix yeux.

40. LA machine repréſentée dans la *Figure* 6, eſt la moins commode pour élever le poids 6; mais c'eſt la plus utile pour amener enſemble les extrémités de deux poulies ſans danger de

les courber, comme s'il falloit amener enſemble les extrémités A & B par dégrés. LEÇON III.

41. ON doit remarquer que la régle précédente ne s'applique qu'aux cas où les poulies inférieures montent toutes à la fois dans une ſeule chape avec le poids; mais lorſqu'elles agiſſent l'une ſur l'autre, & que le poids n'eſt attaché qu'à la plus baſſe de toutes, la force de la puiſſance augmente beaucoup, étant doublée par chaque poulie. Ainſi par exemple (*Planche* 10. *Figure* 9.) une puiſſance dont l'intenſité eſt égale à 8 liv. (étant appliquée en *a*) ſoutiendra par le moyen de la poulie inférieure A, 16 liv. (n°. 38.) Une puiſſance égale à 4 liv. (en *b*) ſoutiendra par le moyen de la poulie inférieure B, celle de 8 liv. qui agit en *a*: une 3e. puiſſance égale à 2 liv. (en *c*) ſoutiendra par le moyen de la poulie C la puiſſance de 4 livres en *b*: une puiſſance de 1 livre (en *d*) ſoutiendra par le moyen de la poulie D, la puiſſance de 2 livres (en *c*) & celle-ci ne changera pas par le tour que fait ſa corde ſur la poulie ſupérieure ou rouleau E. (n°. 37.) N. B. *On a marqué dans la Figure le poids que chaque poulie & chaque corde ſoutient dans ce ſyſtême de poulies.*

Planche 10. Figure 9.

EXPÉRIENCE XIII. *Planche* 10. *Figure* 9.

UN poids de 16 livres ſuſpendu à la poulie A (de la machine *Figure* 9. compoſée de quatre poulies ſimples mobiles, d'un rouleau en E, & de 4 crochets ſur les bras E F) érant en équilibre avec le petit poids 1; ſoit ce poids élevé en *K* à 16 pouces de hauteur, & le poids 16. ne deſcendra dans la ligne g *h* que d'un pouce. Cela fait voir que la proportion réciproque entre les poids & leurs vîteſſes peut s'appliquer à ce cas, auſſi-bien qu'à tous les autres cas des poulies, comme on peut le voir en mouvant le poids ou la puiſſance dans toutes les combinaiſons des poulies, & meſurant les eſpaces parcourus. Ainſi dans la Figure 4. pendant que 2 deſcend en *a*, 1 monte en B préciſément deux fois auſſi haut, &c. * *Cette proportion produira donc toujours* l'équilibre *dans cette machine, auſſi-bien que dans toutes les autres.*

Planche 10. Figure 9.

* Note 9.

N. B. *Les cordes qui montent & deſcendent, ſeront toujours ſuppoſées paralléles, à moins qu'on n'avertiſſe du contraire;* * *& dans chaque figure repréſentant des poulies, la puiſſance & le poids ſont marqués par les lettres* P *&* W.

* Note 10.

LEÇON III.

Du Tour.

Planche 10. Figure 10.

42. LORSQU'UNE puiſſance par le moyen d'une corde ou par quelque autre ſecours, eſt tellement appliquée à la circonférence d'une roue, qu'elle fait tourner cette roue avec ſon aiſſieu, & lui fait élever un poids appliqué à l'aiſſieu de quelque maniére que ce ſoit; on appelle cette machine un *Tour* ou *axis in peritrochio.* (*Pl.* 10. *Fig.* 10. 11.)

Puiſque dans cet inſtrument la roue & ſon aiſſieu ſe meuvent enſemble, il eſt évident que dans un tour de la roue, lorſque la puiſſance P deſcend d'une longueur égale à la circonférence de la roue, le poids W monte d'une hauteur égale à la circonférence de l'aiſſieu A (*Fig.* 10) par le roulement de la corde qui porte le poids ſur cet aiſſieu. Et puiſque lorſqu'il y a *équilibre* entre deux poids, comme W & P, il doit y avoir une proportion réciproque entre leurs maſſes & leurs vîteſſes; W doit être à P, comme la circonférence de la roue à celle de l'aiſſieu (en ſuppoſant que la corde n'a point d'épaiſſeur) ou comme le demi diametre de la roue au demi diametre de l'aiſſieu (c'eſt-à-dire, *Fig.* 11. comme DK & KA) parce que les demi-diametres de différents cercles ſont en même proportion que leurs circonférences.

Delà il ſuit que plus l'aiſſieu eſt petit à proportion de la roue, plus la puiſſance peut ſoutenir ou élever un grand poids.

EXPÉRIENCE XIV. *Planche* 10. *Figure* 10.

Planche 10. Figure 10.

43. LA machine répréſentée par la figure, eſt un modéle (fait ſur une échelle d'un pouce pour un pied) d'un tour & d'un aiſſieu tel qu'il eſt ſouvent en uſage pour tirer l'eau d'un puits par le moyen d'une puiſſance qui tire par une corde appliquée à la circonférence de l'une des roues de la machine, ou en pouſſant en bas ſucceſſivement les manches E, F, G, H, J, K, pendant qu'une autre corde ou chaine eſt roulée ſur l'aiſſieu A ou B, laquelle porte un ſceau qui lui eſt ſuſpendu à la place du poids W. Ici par l'expérience, une livre ſuſpendue à la circonférence de la plus grande roue CD, tient en équilibre 12 livres, ſuſpendues au plus petit aiſſieu A, ou 6 livres à l'aiſſieu B, & ſeulement 3 livres à la circonférence TV. De même lorſque le poids ſuſpendu à l'aiſſieu continue d'être au même endroit, & d'avoir la même quantité de

12 livres, la puiſſance qui a la circonférence de la roue CD, eſt égale à 1 livre, ſera égale à 1 $\frac{1}{2}$ livre, ſi on l'applique à SR; mais ſi on l'applique à l'un des manches à la diſtance de $\frac{1}{4}$ d'un pouce de la circonférence de la roue CD (ce qui eſt le même que ſi on ajoutoit une nouvelle rouë d'un $\frac{1}{2}$ pouce de plus en diametre) alors une puiſſance qui ne ſeroit pas plus de $\frac{12}{14}$ d'une livre, tiendroit le poids en *équilibre*, & l'éleveroit, pour peu que ſon intenſité fût augmentée. LEÇON III. Planche 10. Figure 10.

Cela eſt répréſenté plus clairement dans la Fig. 11, où les poids ſont marqués par les lettres W, w, w, & les puiſſances par les lettres P, p, π, & où l'on doit obſerver qu'à moins que la puiſſance n'agiſſe ſur les manches dont on a parlé, à angles droits, ou ſelon les lignes Eπ, F f ou G g, &c. l'effet ne peut pas être le même que ſi l'on faiſoit uſage d'une nouvelle roue E, F, G, H, à laquelle les lignes Eπ, F f & G g ſeroient tangentes.

44. CAR ſi une puiſſance, par exemple, P, agit obliquement ſur l'un des manches, comme par l'angle aigu P F K, ou par ſon angle obtus correſpondant P J K, la ligne de direction de cette puiſſance, * devient tangente de la circonférence D C; & par conſéquent la puiſſance agit comme ſi elle tiroit avec une corde roulée ſur la rouë CD; & ſi l'obliquité étoit plus grande, comme lorſque la puiſſance *P* tire le manche G ſelon l'angle *P* G K, l'effet ne ſera pas plus grand que ſi cette puiſſance tiroit avec une corde roulée ſur la circonférence SR. Les puiſſances doivent dans ces cas être augmentées en même proportion que les lignes D K & S K ſont plus courtes que E K. *Voyez les nombres dans la Figure, qui expriment les* intenſités *des puiſſances.* * Note 55

N. B. *Nous n'avons pas fait attention ici à l'épaiſſeur de la corde, à laquelle on doit avoir égard dans la pratique, ajoutant toujours la moitié de l'épaiſſeur de la corde au demi-diametre de l'aiſſieu : & ſi la corde eſt roulée ſur elle-même, il faut ajouter pour chaque nouveau tour la moitié de ſon épaiſſeur ; c'eſt la raiſon pour laquelle il faut plus de puiſſance, lorſque l'aiſſieu eſt ainſi épaiſſi, comme il arrive ſouvent en tirant l'eau d'un puits profond & étroit, ſur lequel on ne peut pas placer un long aiſſieu.*

45. SI la corde à laquelle la puiſſance eſt attachée, eſt ſucceſſivement appliquée à différentes rouës, dont les diametres ſont toujours plus grands, l'aiſſieu tournera continuellement avec plus

LECON III. de facilité, à moins que l'intenſité de la puiſſance ne ſoit diminuée en même proportion, & dans ce cas, l'aiſſieu ſera toujours tiré avec la même force par une puiſſance qui diminuë continuellement. C'eſt ce qui ſe pratique dans les horloges à reſſort, lorſque le reſſort ſpiral S (*Fig.* 12) qui eſt plus fort dans ſon action étant entiérement roulé, tire la fuſée F, ou l'aiſſieu du tour continué par les petites rouës proche de B : & à meſure qu'il ſe débande & devient plus foible, il le tire ſur des rouës plus grandes auprès de A, de maniére que l'horloge ſe meut toujours avec la même force.

Planche 10. Figure 10.

Il y a une autre invention fort curieuſe, par le moyen de laquelle une puiſſance dont l'intenſité diminuë continuellement, produit cependant un effet qui augmente continuellement ; ce qui eſt une eſpéce de paradoxe méchanique ; mais comme elle eſt fort en uſage, nous ſommes en état de l'examiner. Je parle de l'application du principal reſſort d'une platine de fuſil, pour tirer le chien, qui porte la pierre contre le baſſinet d'acier (pour faire du feu) par un mouvement acceleré, quoique le reſſort pendant tout ce tems-là ſe débande lui-même. F S P (*Planche* 22. *Figure* 7.) eſt le reſſort bandé à ſon plus haut point, lorſque le fuſil eſt bandé ; mais ſa ſituation naturelle lorſqu'il n'eſt pas bandé, eſt F S *p*. A C T eſt la noix qui a l'axe de ſon mouvement en C, milieu d'un aiſſieu ou arbre, qui traverſe la platine, & à l'extrémité de laquelle le chien (ou le poids qui doit être mû par la puiſſance) eſt fixé quarrément. La noix eſt réellement un tour qui a pluſieurs rouës, où la puiſſance s'applique ſucceſſivement depuis la plus petite juſqu'à la plus grande, comme dans la fuſée d'une montre. Je n'en ai repréſenté que trois, conformément aux trois poſitions les plus égales du reſſort, par les cercles ponctués a B, *a b*, & A B. Maintenant quoique la plus grande partie de ces rouës ſoit ſupprimée, lorſque la noix eſt réduite à ſa ſituation naturelle A a *a* B T *t*, il en reſte aſſez de chacune, pour que le crochet P du reſſort s'applique ſucceſſivement à toutes, à meſure qu'il preſſe ſur le bras A a, par un mouvement qui le fait gliſſer de a en A, qui eſt tout le chemin que fait le reſſort dans ſon action. Lorſque le fuſil eſt bandé, comme dans cette *Figure*, l'extrémité du reſſort étant appliquée en a, agit ſur la noix à la diſtance a C, par la rouë a B, enſorte qu'il preſſe ſur elle avec le plus grand deſavantage, en même-tems que le reſſort eſt le plus bandé, ou qu'il a la plus grande intenſité. On le ſent en appliquant la main ſur le chien, qui alors fait le moins de réſiſtance.

Planche 22. Figure 7.

Dans la 8e. *Figure* (*Pl.* 22) le fusil étant à demi bandé, le ressort agit sur la noix avec plus d'avantage, la pressant selon la tangente du cercle ou de la roue *a b*, à la distance *a* C ; ce qui donne plus de force au chien pour descendre, comme on peut le sentir à la main ; car quoique le ressort soit un peu débandé, & par conséquent un peu plus foible, la diminution d'intensité dans le ressort, n'est pas aussi grande que l'avantage méchanique qui résulte de ce que la distance est augmentée de a C à *a* C. Planche 22. Figure 8.

Dans la 9e. *Figure*, le ressort est encore plus débandé ; mais le chien est pressé en bas avec une force beaucoup plus grande, parce que l'extrémité du ressort P agissant selon la tangente du cercle A B, a pour sa distance de puissance A C, environ trois fois plus grande que a C (distance de la puissance lorsque le fusil est bandé). au lieu qu'il n'est pas débandé de plus d'un tiers, comme on peut le voir en comparant la 7e. *Fig.* avec la 9e.

46. COMME les léviers & les poulies agissant l'une sur l'autre se joignent quelquefois ensemble pour augmenter l'action de la puissance, & par ce moyen soutenir ou élever un plus grand poids ; ainsi l'on fait ordinairement un tour composé en combinant ensemble deux ou plusieurs de ces machines.

Parce que quoique par le moyen d'un long aissieu capable de recevoir une grande quantité de cordes, on puisse tirer des poids d'une grande profondeur ; cependant, comme un fort petit aissieu seroit trop foible pour de très-grands poids, ou qu'une grande roue seroit trop dispendieuse, si elle étoit assez forte, ou qu'elle produiroit une machine embarassante, qui tiendroit trop de place ; il vaut mieux combiner les roues & les aissieux par le moyen des pignons ou des petites roues sur les aissieux, dont les fuseaux (ou dents) engrainent dans les dents des grandes roues, comme nous le voyons dans les horloges qui ont plusieurs aissieux & roues, ou dans certaines espéces de grues qui n'en ont que deux combinées ensemble. * * 82, 83.

EXPÉRIENCE XV. *Planche* 10. *Figure* 13.

47. CETTE machine est composée de deux roues avec leurs aissieux, dont la premiere A B C (qui a sur sa circonférence A B une corde roulée pour porter la puissance P, qui est un poids d'une livre) a un pignon de huit dents sur son aissieu en C, qui prend Planche 10. Figure 13.

LEÇON III.

Planche 10. Figure 13.

les dents de la roue FG de l'autre tour. La roue FG a quarante dents, & son aissieu HK a pour diametre la huitiéme partie de celui de la roue AB. Le poids W de 40 liv. est suspendu sur l'axe HK, & il se tient en équilibre avec la puissance P, qui n'est que d'une livre.

Si l'on suppose l'aissieu CJ du même diametre que l'aissieu KH, il est évident que la puissance P n'auroit soutenu que 8 liv. suspenduës à cet aissieu, & elle n'en auroit pas plus soutenu sur l'aissieu KH, si ce dernier aissieu avoit fait autant de tours que la premiere roue AB, ce qui seroit arrivé, si la roue FG n'avoit pas eu plus de dents que le pignon C; mais comme cette roue a cent fois plus de dents que le pignon de l'aissieu CJ, elle doit tourner cinq fois plus lentement que cet aissieu, & par conséquent le poids W doit aller cinq fois plus lentement qu'il n'auroit fait sur l'aissieu CJ; donc il a quarante fois moins de vîtesse que la puissance P, ne s'élevant que d'un pouce, pendant que P descend de 40.

Delà il suit que la raison de la puissance au poids, est composée de celle du diametre de l'aissieu de la derniere roue (où le poids est suspendu) au diametre de la premiere, (où la puissance est appliquée) & de celle du nombre des révolutions de la derniere roue au nombre des révolutions de la premiere dans le même tems. Par exemple, ici la premiere raison est de 1 à 8, & la derniere de 1 à 5; donc la raison de la puissance au poids, est comme 1 à 40, qui est la composition ou multiplication de ces deux raisons, parce que $5 \times 8 = 40$. *Et cela a lieu, quelque grand que soit le nombre des roues dont la machine est composée.*

Du Plan incliné.

48. POUR mieux comprendre l'usage du plan incliné dans la méchanique, il faut se rappeller ce que nous avons dit ci-devant sur la vîtesse d'un poids. * Sçavoir, *quelque ligne que le poids décrive en montant par l'action de la puissance, on ne doit appeller sa* vîtesse *que la ligne qui représente son élévation ou sa chute perpendiculaire.*

* Note 8. Leçon 2.

S'il est question d'élever un poids fort pesant comme W ou w (*Pl.* 10. *Fig.* 14.) à la hauteur CB, il ne seroit pas praticable de l'élever directement dans la ligne CB sans une puissance dont l'intensité fût égale à celle du poids, & même dans ce cas il seroit fort incommode de le faire, surtout dans les batisses. Mais si l'on prend

prend un plan incliné A B qui s'éleve ſur la ligne horizontale A C, pour élever le poids par ſon moyen, une puiſſance moindre que le poids ſervira à ce deſſein, à moins qu'elle ne pouſſe le corps directement contre le plan (comme dans la direction W T) ou qu'elle ne tire le corps hors du plan, (comme de W vers *e*, *t* ou L) dans une direction de ce côté de la ligne E *e*. * LEÇON II.

Planche 10. Figure 14.

* Note 11.

49. LA direction où le corps peut le plus aiſément ſe tirer ou ſe pouſſer au haut du plan (comme en tirant une brouette), eſt la ligne W w M, paralléle au plan, & paſſant par le centre du poids; car ſoit que la puiſſance tire un plan K *k* (dans une direction qui lui ſoit perpendiculaire) le long de la ligne W M, ou que la puiſſance P (par ſa chute en *p*) le tire dans la même ligne, la vîteſſe de la puiſſance ſera égale à la ligne W w, qui eſt l'eſpace décrit par le centre de gravité du poids, pendant que le poids ne s'éleve que de la hauteur perpendiculaire Z B (= n W) ou que cette ligne, à proprement parler, exprime ſa vîteſſe. Si le corps étoit un cylindre ou une pierre roulante, & que le corps T *t* eût à paſſer par les tourillons ou par l'aiſſieu de cette pierre, il eſt évident que le cas ſeroit le même; & comme le poids P a ſa corde roulée autour de la poulie ſupérieute M, la ligne P *p* ſeroit la vîteſſe de la puiſſance. Donc en ce cas le poids (s'il eſt en *équilibre*) ſera à la puiſſance comme W w (= T B) eſt à w Y (= B Z) ou comme l'hypothénuſe A B eſt à la perpendiculaire B C qui (par *Eucl.* 4. 6) eſt en même proportion; & par conſéquent ſi la puiſſance eſt tant ſoit peu augmentée, elle tirera le poids au haut du plan.

N. B. *Dans la pratique la puiſſance doit être beaucoup plus augmentée, ſi le corps n'eſt pas uni & ſphérique, ou cylindrique, & ſi le plan n'eſt pas bien poli. Mais comme on eſt obligé de tirer en haut toutes ſortes de corps, on les réduira auſſi aprochant que l'on pourra de la ſphére ou du cylindre, en leur attachant des rouës, ou (ce qui revient au même) en les tranſportant ſur des chariots.*

50. IL eſt évident que la puiſſance agit avec le plus grand avantage, lorſqu'elle tire dans la ligne de direction W w (paralléle au plan); parce que ſi l'un des bouts de cette ligne de direction reſte fixée en W, & que l'autre ſe meuve vers B ou en-delà, le corps ſera tiré en partie contre le plan, & par conſéquent il faudra augmenter la puiſſance à proportion de la plus grande difficulté de

LEÇON III.

traction ; & si l'extrémité w de la ligne précédente étoit portée en D ou au-delà, il faudroit aussi augmenter la puissance à proportion de l'effort qu'elle feroit pour élever le corps au-dessus du plan. *On verra dans les Notes * combien la puissance doit être augmentée, à proportion de l'angle que sa ligne de direction fait avec le plan.*

Planche 10. Figure 14.

* Note 12.

51. Si la puissance tire dans une ligne de direction WB, paralléle à la base du plan, il faudra, pour tenir le poids W en équilibre avec la puissance π, que cette puissance soit au poids comme ZB à ZT, ou comme la perpendiculaire BC, a la base AC du triangle ACB. Car si l'on suppose la poulie R à une si grande distance de W, que la ligne de direction WR n'altére pas sensiblement sa portion horizontale, la puissance π descendra en ω, pendant que W s'élevera de la hauteur BZ, de maniére que πϖ (= WY, & non Ww) sera la vîtesse de la puissance. Ensorte que la vîtesse de la puissance ne sera pas à celle du poids comme l'hypothénuse à la perpendiculaire, ainsi que dans le premier cas ; mais comme la base a la perpendiculaire dans le triangle ACB.

Si la puissance est augmentée précisément autant qu'il le faut pour surmonter le frottement du plan, & tirer en haut le corps W, soit la poulie R élevée par dégrés en *r*, ensorte qu'elle conserve la ligne WR, paralléle à elle-même, jusqu'à ce qu'elle soit arrivée à *w r*, & la puissance sera descenduë en ϖ, lorsque le poids sera arrivé à *w* B. Mais πϖ joint à la distance R*r*, est égal à πϖ, ou WY, &c. Et cette traction se faisant constamment sous l'angle WBT, est dans le cas présent.

Du Coin.

52. Le coin est un court prisme triangulaire dont les deux plans opposés & paralléles sont des triangles rectangles, comme la section ABC (*Planche* 10. *Figure* 14.) le reste étant des parallélogrammes rectangles.

Le tranchant ou partie entrante du coin se forme par la rencontre de deux plans qui ont dans leur section le point A, & la partie postérieure est le plan opposé au tranchant, sur lequel le marteau ou le maillet frape pour pousser le coin en avant. On en voit la répréſentation dans la Figure ABCDE. (*Planche* 11. *Figure* 1.)

Si sur la ligne horizontale AC (*Planche* 10. *Figure* 14) prolongée vers *p*, on place le poids *w* au point *d*, & un plan commeGg

pour l'empêcher d'aller vers A, pendant que le coin ABC eſt pouſſé ſous ce poids de *d* vers A à meſure que le coin eſt tiré de C vers A dans toute la longueur de ſa baſe AC, le poids *u* s'éleve préciſément de la hauteur CB ou de l'épaiſſeur du coin : donc la puiſſance eſt au poids comme BC à AC. LEÇON III. Planche 10. Figure 14.

53. LA proportion de force employée ſera exactement la même, ſi un plan comme F*f* ſe meut parallélement à lui-même & perpendiculairement à AC, & pouſſe en haut le poids, comme W, de A en B le long du coin ſuppoſé immobile. En effet, ce ſeroit la même choſe, ſi le poids étoit ſeulement pouſſé d'une partie du coin à une autre le plan ne ſe mouvant que de F*f* à G*g* ou (ce qui revient au même) de E*e* à D*d*; car alors *w* Y exprimeroit l'élevation du centre de gravité (ou la vîteſſe) du poids & W Y la vîteſſe de la puiſſance, qui ſont toujours en raiſon de BC à CA. C'eſt-là le ſecond cas dont nous avons fait mention en parlant des plans inclinés & que nous pouvons confirmer par l'expérience ſuivante.

EXPÉRIENCE XVI. *Planche* 11. *Figure* 2.

PRENEZ la Machine décrite dans cette figure, dans laquelle le plan uni ou la planche BAHJ, mobile ſur des gonds en B & J, peut s'élever de maniére à former un angle quelconque avec la planche hozorintale NLBG, par le moyen du quart de cercle Q, & s'arrêter dans ſa poſition par le moyen d'une vis en T, ayant arrêté la tête DE dans la fente S*s* par une écrouë ſous la planche horizontale, on élevera la poulie G, du bras DG en *c*, de maniére que la ligne qui paſſe au-deſſus de cette poulie dans la direction *c* M, ſoit parelléle au plan AB. Enſuite prenez un petit cylindre de bois M, dont les extrémités de l'axe ou pivots paſſent par un cadre de cuivre comme en O, en ſorte qu'on puiſſe le tirer aiſément avec un fil attaché en M, & placez ledit cylindre ſur le plan incliné, ayant attaché en M un fil qui paſſe au-deſſus de la poulie *c*, & qui porte la balle P, laquelle ſervant de puiſſance, ſoutiendra le poids cylindrique M, lorſque P eſt à M comme AC hauteur du plan eſt à AB ſa longueur. *Un peu plus de poids ajouté à* P *lui fera tirer en haut le cylindre.* Planche 11. Figure 2.

Mais ſi le bras E*c* eſt abaiſſé, en ſorte qu'il vienne à la poſition EG, *p* doit être à M (pour le tenir en *équilibre*) comme AC

LEÇON III.

Planche 11. Figure 2.

hauteur du plan eſt à CB ſa baſe. N. B. *On doit obſerver ici que quoique l'addition d'un petit poids à* P, *ſoit cauſe qu'il commence à tirer le cylindre* M *au haut du plan, ce cylindre ne viendra pas tout-à-fait au haut par la deſcente de* P, *parce que l'angle que la direction de la puiſſance fait avec le plan, ſera augmenté à meſure que le cylindre monte; mais ſi la poulie* G *eſt élevée par degrez en* K, *pendant que le cylindre eſt tiré en* M, *la puiſſance qui alors ſera en* π, *aura le même effet ſur le poids en* M, *qu'elle avoit auparavant en* M, *&c. & le* poids (*lorſqu'il ſera tenu en équilibre dans la ligne de direction* MG ou MK) *ſera toujours à la puiſſance comme* Mn *eſt à* nm *ou* BC *à* CA.

Cette machine fait auſſi voir par expérience l'effet de la puiſſance quelque ſoit l'angle que ſa ligne de direction fait avec le plan.

55. LE Coin, que nous avons conſidéré juſqu'ici, eſt celui qui agit de la maniére la plus ſimple, ſeulement avec une de ſes ſurfaces; car lorſqu'il gliſſe ſur le plan CA (*Planche* 10. *Figure* 14.) pour élever le poids W, il n'agit qu'avec ſa ſurface AB, la ſurface AC s'appliquant ſeulement elle-même à la ligne AP, ſans l'éloigner de ſa place. Ainſi lorſqu'on veut ſéparer une moulure d'un lambris, comme M *m* (*Planche* 11 *Figure* 3.) de W *w* par le moyen du coin ACB, il eſt clair que *a* A vîteſſe du coin (auſſi avant qu'il eſt pouſſé en-dedans, lorſqu'il paſſe de la poſition *a b c* à la poſition ABC) ſera à *a m* vîteſſe de la moulure comme AC à BC. Donc, &c. il en ſeroit de même s'il falloit élever une colonne couchée ſur un plancher ſans mouvoir le plancher.

56. MAIS dans l'uſage ordinaire du coin ſes deux côtés agiſſent, comme lorſqu'on veut fendre du bois : alors la proportion de la puiſſance & du poids eſt différente de la premiere; car dans ce cas la puiſſance eſt au poids comme la moitié de l'épaiſſeur du coin eſt à ſa longueur. Mais on peut aiſément réduire cela à ce qui a été dit ci-devant, parce qu'ici nous faiſons uſage d'un double coin. Car ſuppoſons que C*a* (*Planche* 11. *Figure* 4.) eſt un plan immobile, & qu'on applique à chacun de ſes côtés un coin, comme BCA & *b*CA pour écarter un poids comme *c* ou *d* de ce plan; la puiſſance qui pouſſe le coin ne ſera au poids que comme *c*C (=A*c*=BC) ou *d*D (=AD=C*b*) à la longueur du double coin CBA*b*, qui eſt maintenant venu en A*c a d*. Quelques Auteurs qui ont écrit ſur la méchanique on fait ici

Planche 11. Figure 4.

une mépriſe en ajoutant enſemble les vîteſſes de *c* & *d*, qui ſont C*c* + D*d*, & nommant cette ſomme la vîteſſe du poids, qu'ils ont comparé avec A *a* vîteſſe de la puiſſance; mais on doit faire attention que ſi les deux corps qu'il faut écarter l'un de l'autre (comme les parties du bois que l'on veut fendre) étoient poſées l'une ſur l'autre de l'un des deux côtés comme en *d*, leur vîteſſe ne ſeroit que *d* D, & il ſeroit auſſi aiſé de les écarter par un ſeul coin comme *b c* A de *d*, en D, comme par les deux coins dans le premier cas. *Car* quoiqu'en conſidérant le *moment* des corps, on doive prendre la ſomme des momens de toutes les parties pour avoir le *moment* de tout; il ne faut pas prendre néanmoins la ſomme des vîteſſes de toutes les parties pour avoir la vîteſſe du tout, mais ſeulement la vîteſſe du centre de gravité *du corps*, en conſidérant combien il eſt écarté de ſa place. Si l'on faiſoit un levier ou une balance comme une fourche (*Planche* 11. *Figure* 5.) & que la partie C A fut préciſément double de l'une des parties de la fourche comme C B ou C D, & le centre du mouvement fixé en C; il eſt évident qu'une livre en A tiendroit en *équilibre* deux livres aux extrémités fourchuës, quoique les deux livres fuſſent ſuſpendues ſéparément, un poids de 2 livres étant toujours équivalent à deux livres ſéparées : mais s'il falloit prendre la ſomme des vîteſſes de D & B, il faudroit alors deux livres en A pour ſoutenir les poids en B & D, le rayon C A ne donnant pas pas plus de vîteſſe au poids en A, que le rayon C B ou C D de ſa demi longueur, aux poids qui ſont à ſes extrémité, ce qui eſt abſurde, &c.

Leçon III.

Planche 11. Figure 5.

57. Dans les deux cas du coin, il n'eſt pas ſeulement neceſſaire d'appliquer une force un peu plus grande qu'en proportion ou de la moitié de l'épaiſſeur ou de toute l'épaiſſeur du coin à ſa longueur, pour que la puiſſance ſurmonte le poids; mais encore comme les ſurfaces même des coins les plus polis ſont fort rudes, (en comparaiſon du poli Mathématique que nous avons ſuppoſé) & que de même les corps qui doivent être ſéparés ſont bien éloignés d'avoir leurs ſurfaces parfaitement planes; on doit employer une force additionnelle pour ſurmonter le frottement qui en réſulte.

Ce frottement, qui n'eſt pas grand dans les autres machines, eſt fort conſidérable dans le coin; l'expérience faiſant voir qu'un coin chargé d'un très-grand poids, produit à peine quelque effet

LEÇON III.

sur-tout pour fendre le bois; parce que non-seulement les surfaces du coin, comme nous l'avons dit ci-devant, mais les parties du bois qui doit être fendu sont toujours grossieres & si unies, que leur frottement empêche beaucoup le mouvement; on tâche de vaincre cet obstacle par la percussion, qui est ici d'un usage merveilleux : car l'expérience nous apprend qu'un coup sur la tête du coin, le fait entrer aisément dans un corps dur; il paroît que la raison en est que le coup, en mettant toutes les parties du bois en mouvement, les fait tremousser & les desunit, en sorte que le frottement en est diminué, & que le mouvement du coin en devient plus aisé. L'effet de la percussion sera plus grand à proportion que le corps frappant est plus pesant & qu'il se meut plus vîte.

Planche 11. *Figure 6.*

Planche 11. Figure 6.

58. POUR prouver par expérience ce que nous avons dit du coin, nous ferons usage de la machine représentée dans la 6e *Figure* de la *Planche* 11. ABCD est un cadre de cuivre composé de deux piéces horizontales AB & CD, & de deux piéces verticales AD & BC qui sont au-dessus des premieres & fixées sur elles; chacune de ces deux dernieres piéces a en-dedans vers le milieu, deux petites poulies NO, PQ, qui ne sont pas exactement dans le même plan, à moins que le fil qui passe sur l'une ne tombe à plein sur le fil qui passe sur l'autre. EF, GH, sont deux cylindres avec leurs aissieux d'acier, qui sont amenés ensemble (leurs aissieux roulant sur les piéces verticales) par la chûte des poids R, S, dont chacun est divisé en deux parties par le moyen de sa poulie T ou V, de maniére à tirer les cylindres également l'un vers l'autre, par le moyen des fils & des gances de cuivre TNH & *t*Y*y*, & de deux autres gances semblables à l'autre extrémité de l'aissieu des cylindres. Afin que les cylindres puissent marcher ensemble, sans toucher les poulies N, O, P, Q, les platines à leurs bases (qui sont beaucoup plus larges que les cylindres) sont convexes vers les extrémités de l'aissieu. Ses deux plaques ZM, ZM, sont précisément assez grandes pour s'appliquer elles-mêmes aux cylindres, sans frotter contre les platines à leurs extrémités; elles sont jointes en M à la maniére des gonds & forment un angle mesuré par l'arc gradué JKL, qui passant par les plaques les tient fermes au moyen de deux petites vis Z, Z. X est un des deux fils de fer bandé, dont les

extrémités étant gliſſées dans deux trous, empêchent que le cylindre EF ne ſorte de la place, & ne lui permettent que de tourner ſur ſon axe, lorſque la gance F (& ſon oppoſé ſous E) eſt portée ſur la poulie Y (& par un chemin contraire) à l'aiſſieu de l'autre cylindre en *f*, lorſque ſeulement ce dernier cylindre HG doit être pouſſé par la deſcente du coin, qui par ſon propre poids ou par l'addition du poids W, ſépare un cylindre de l'autre, lequel eſt fixé (lorſque la ligne ponctuée repreſente le fil) ou les écarte l'un de l'autre (lorſque Y *y* repréſente un fil & HN l'autre.

LEÇON III.

Planche 11. Figure 6.

EXPÉRIENCE XVII. *Planche* 11. *Figure* 6.

59. TOUT étant dans la poſition repreſentée par cette figure, on ouvrira le coin à un angle quelconque à volonté; par exemple à 20 degrés, & l'on ſuſpendra un poids W qui joint avec le poids du coin puiſſe tirer en bas le coin, & en ſéparant les cylindres élever les poids R & S. Donnez au coin l'ouverture de 40 dégrés, & il faudra un double poids pour le faire deſcendre; mais ſi vous faites gliſſer les fils de fer, comme X, pour fixer le cylindre EF, & ſi vous ſuſpendez les quatre gances & quatre fils ſur le cylindre HG; il vous faudra deux fois plus de poids pour faire deſcendre le coin, que s'il agiſſoit par ſes deux ſurfaces; c'eſt-à-dire, qu'étant ouvert à un angle de 20 degrés, il faut autant de force pour le pouſſer en bas, lorſqu'il n'y a qu'un cylindre qui ſoit mobile (quoique l'autre puiſſe tourner librement autour de ſon axe) que s'il étoit ouvert de 40 dégrés, & que les deux cylindres fuſſent mobiles.

Planche 11. Figure 6.

De la Vis.

60. LA Vis eſt un cylindre coupé par différentes ſurfaces concaves, ou plûtôt un canal ou rainure faite ſur un cylindre en conduiſant deux plans ſpiraux ſur toute la longueur de la vis, de maniére qu'ils ſoient toujours également inclinés à l'axe du cylindre dans toute leur route, & qu'ils faſſent auſſi toujours avec ſa baſe le même angle.

61. ON peut auſſi regarder la vis comme un coin mené tout autour d'un cylindre, qui dans ce cas ſe nomme l'arbre de la vis, le coin

LEÇON III. ainſi amené ſur l'arbre forme ce qu'on appelle le filet de la vis, comme on peut le voir dans les *Figures* 7, 8, 9, 10 & 11 de la *Planche* 11. L'arbre de la vis eſt AB dans la Figure 7. & *acdb* dans la Figure 8, comme ſi le cylindre ACDB étoit inſcrit en-dedans de la vis.

Planche 11. Figure 8.

62. DANS la 8e Figure on peut voir de quelle maniére on fait une vis, en coupant le cylindre PHJQ, car HKLMNOP eſt une ligne ſpirale qui entoure tout le cylindre, marquant les parties élevées que l'on doit laiſſer du cylindre, & *hklmno*, la ligne qui marque la profondeur que l'on doit donner à la vis (en ſuppoſant que la même ligne tourne tout autour du cylindre intérieur ou de l'arbre ABCD, quoiqu'elle ne ſoit pas exprimée ici pour éviter la confuſion) & alors *h*L*l*, *l*N*n*, &c. repreſenteront les parties en relief ou le filet de la vis. Maintenant, ſi au lieu de faire les creux H*h*L, L*l*N, N*n*P, &c. Dans le cylindre PHJQ, on fixoit un coin continue ſur un petit cylindre comme ABCD, ou plûtôt *acbd*, on auroit la même eſpéce de vis & *abcd* ſeroit l'arbre de cette vis. Quelquefois les parties les plus relevées du filet, comme L, N, &c. ne ſont pas tranchantes, mais plates, alors le filet ſe nomme filet quarré, comme dans la *Figure* 11. qui repreſente la coupe d'une vis de cette eſpéce. On ne ſe ſert pas de ce filet dans le bois, mais dans le fer & dans les autres métaux il eſt d'un bon ſervice, étant communément de plus de durée & élevant le poids avec plus de facilité que le filet tranchant, comme on le verra mieux dans les notes. *

* Note 13.

De la force de la Vis.

Pour juger de la force de la vis (que l'on peut comparer ou à un plan incliné, tel que nous l'avons conſidéré parmi les puiſſances méchaniques, ou à un coin ſelon que ſon arbre avance ou n'avance pas par un mouvement progreſſif, pendant qu'il tourne autour de ſon axe, pour élever ou arrêter un poids, ou pour preſſer enſemble des corps, qui ſont les différens uſages de la vis;) nous prendrons un coin flexible, par exemple, un coin de papier, & nous le roulerons autour d'un cylindre, comme on le voit dans la *Figure* 7. *Planche* 11, ou AB eſt l'arbre, CJD un filet ou hélice, DHE un autre, & EFG une partie du coin qu'on a laiſſée

laiſſée pour faire voir la proportion entre la puiſſance qui tourne la vis & le poids W. LEÇON III.

Planche 11. Figure 7.

63. SI le poids pouſſe en haut le coin (ou ce qui revient au même, s'il eſt élevé perpendiculairement par le le coin en gliſſant ſous lui) de F en H, dans la direction W *w*, alors HG ſera la vîteſſe du poids, & GF celle de la puiſſance, ce qui eſt le cas du plan incliné qui devient un coin; & l'analogie pour la vis qui agit de cette maniére ſera celle-ci (n°. 52):

Comme le cercle dont le diamétre eſt H *h*:

Eſt à HJ diſtance de deux filets:: (ou comme la baſe GF: à la perpendiculaire HG::

Ainſi le poids:

eſt à la puiſſance appliquée à l'arbre en A pour élever un poids ſur le fil HJDC.

N. B. *On ſuppoſe le diamétre de l'arbre en A & celui de la vis en H à fort peu près égaux.* C'eſt le cas de la 10e Figure, ou la planche mobile DK eſt portée en tournant les têtes G, G des vis AB & CD, pour preſſer fortement les corps placés entre les planches DK & ML, pendant que la piéce HJ fixée à la planche ſupérieure, eſt ou guidée à travers un trou, où étant ſeulement viſée, elle ſert à faire voir ſi la planche KD eſt portée en bas horizontalement, à meſure qu'on tourne les vis. Lorſque l'on fait entrer de longs leviers dans les trous quarrés qui ſont aux têtes des vis, la force de la vis en eſt beaucoup augmentée, & alors le poids: eſt à la puiſſance:: comme la circonférence du cercle décrit par la partie du levier où la main eſt appliquée: eſt à la diſtance entre les deux filets. Ainſi dans la figure 13, comme la circonférence du cercle dont le rayon eſt AH: eſt à C *c* diſtance de deux fils de la vis ſans fin CD:: Ainſi la réſiſtance des dents de la roue J: à la puiſſance appliquée en H.

64. MAIS ſi le poids W (*Figure* 7.) eſt tiré le long du coin HFG dans la direction W *w* paralléle à la ſurface du coin, ce cas ſera le même que celui du plan incliné (n°. 49.) & par conſéquent l'analogie pour la vis dans ſon mouvement progreſſif, ſera, comme la ligne ſpirale HDJ:

eſt à HJ diſtance de deux fils:: (ou comme l'hypothenuſe FH: à HG perpendiculaire;

SECON III. Ainſi le poids :

à la puiſſance appliquée à l'arbre en A dans une direction ſpirale parallèle à H J D C.

Planche 11. Figures 9, 10, 12.

La figure 9e repreſente la pratique de cette vis, ſoit que l'écroue D E ſoit pouſſée en bas ſur la vis vers la planche B, ou que la planche B avec ſa vis ſoit portée en haut vers D E, en faiſant tourner cette vis plus haut dans la boëte ou écroüe D E. Lors donc que les manches comme D & E ſont employés pour augmenter la force ; le poids : eſt la puiſſance : : comme la circonférence ſpirale décrite dans une révolution par leurs extrémités auſquelles la puiſſance eſt appliquée : eſt à la diſtance entre deux fils de la vis. Le fil de l'écroüe en-dedans de la noix ou piéce de bois avec les manches, eſt repreſenté par des lignes ponctuées dans la *Figure* 12. comparées avec la *Figure* 8.

Ce cas s'applique dans la pratique à la vis qui eſt au bout des forêts, pour percer plus aiſément le bois ; à l'abbaiſſement des noix dans les grandes preſſes, & à l'uſage ordinaire des cloux à vis pour attacher les parties des machines.

La plûpart des Ecrivains en méchanique n'ont parlé que de cette derniere proportion pour la force de la vis.

65. QUOIQUE dans la Théorie pour peu que le produit de l'intenſité de la puiſſance par ſa vîteſſe ſurpaſſe celui du poids par ſa vîteſſe, la puiſſance doit élever le poids ; cependant ici la puiſſance ou ſa vîteſſe doit être augmentée ſenſiblement pour produire cet effet dans la pratique, à raiſon du grand frottement de la vis, qui eſt le même que celui dont nous avons parlé dans le coin ; il faut ſeulement obſerver qu'il y a plus de frottement dans le fil tranchant que dans le fil quarré, comme on peut le voir, en jettant les yeux ſur la *Figure* 14, où B A C D repréſente la ſection d'un fil quarré, & *b a d* celle d'un fil tranchant, comme la partie A C ne touche pas l'écroue, qui ne porte avec ſa force & ſon poids que ſur le plat A B, la ligne A B dans le fil quarré comparée à *a b* dans le fil tranchant (ſur laquelle *a b c* l'écroüe porte) fait voir que le frottement eſt moindre ſur le quarré à proportion de ces lignes, outre l'obliquité que nous examinerons ailleurs. *

Planche 11. Figure 14.

* Note 73.

66. LE deſavantage occaſionné à la force de la puiſſance par le grand frottement de la vis, eſt bien récompenſé dans l'uſage de cette machine ; parce que ce frottement eſt cauſe que la vis

Planche 11. Figure 14.

ſoutient le poids même après que la puiſſance s'eſt éloignée, ou ceſſe d'agir ou de preſſer les corps contre leſquels elle a pouſſé le poids; au lieu que dans la balance & le levier, & dans les autres puiſſances méchaniques, (excepté le coin qui forme la vis) le poids ceſſe d'être ſoutenu, & recule dès que la puiſſance ceſſe d'agir. La raiſon eſt, que les poids lorſqu'ils ſont élevés par les vis, font effort pour deſcendre perpendiculairement, au lieu que la vis a été pouſſée contr'eux fort obliquement, en ſorte qu'elle ne peut être repouſſée en arriére que dans cette direction oblique, qu'elle ne peut pas recevoir par la peſanteur du poids qui tend en bas, s'il y a le moindre frottement contre le fil de la vis : ainſi lorſqu'un corps eſt preſſé par une vis, ſa ſurface réagit par des lignes qui lui ſont perpendiculaires, c'eſt-à-dire, dans la direction de l'arbre de la vis, au lieu qu'elle ne peut pas être pouſſée en-arriére, à moins qu'elle ne ſoit mûë dans la direction de ſes fils, qui font un grand angle avec l'axe de l'arbre. Ainſi la planche K*k* (*Figure* 10.) ne peut pas tomber dans la direction de peſanteur vers M L, à moins qu'elle ne faſſe mouvoir les vis dans la direction B*b* ou D*d*. La dent de la roue J (*Figure* 13.) ne peut pas non plus, en preſſant comme la vis C*c* D dans la direction C B, mouvoir cette vis ou faire tourner la manivelle H dans la direction du cercle dont le rayon eſt A H, quoique la puiſſance qui tournoit dans ce cercle ſoit écartée, & que le grand poids W faſſe de grands efforts par l'axe E F, pour faire tourner la roue J.

Par où l'on voit le grand uſage de la machine de la *Figure* 10. par le moyen de laquelle une piéce forte J peut ſoutenir le penchant d'une maiſon, & ſi l'on en applique pluſieurs en différens endroits, on peut ſoutenir tout un bâtiment pendant qu'en en radoube ou qu'on en renouvelle les fondemens.

67. Soit que la vis ſoit conſidérée comme un coin ou comme un plan incliné, il ſuit de ce qui a été dit, que plus les fils de la vis ſont ſerrés, plus ſa force eſt grande, & plus le frottement eſt avantageux; la puiſſance pouſſant en avant la vis avec plus de facilité, & la difficulté de la pouſſer en-arriére devenant plus grande.

68. Comme la percuſſion eſt utile dans le coin pour diminuer le frottement, auſſi employe-t'on dans certains cas une eſpéce de percuſſion pour pouſſer une vis, comme dans les inſtrumens pour

LEÇON III. l'Imprimerie, pour la Monnoye & pour cacheter avec de grands ſceaux, où il faut une grande preſſion; & cela ſe fait par le moyen d'un volan, qui eſt une balance laquelle traverſe l'arbre de la vis, & qui eſt chargée de poids à ſes extrémités, ou quelquefois par le moyen d'une ſeule branche de ce volan comme dans les preſſes d'Imprimerie.

Ici au lieu du marteau ou du maillet qui tombe ſur le dos du coin par un mouvement acceleré, & dans une direction circulaire pour le pouſſer dans le bois, le poids du volan deſcend auſſi par un mouvement acceleré, mais ſur un plan ſpiral incliné, & par ce moyen ayant ſurmonté le frottement des filets de la vis à meſure qu'elle deſcend, il pouſſe ſon extrémité avec une grande force contre les corps qui doivent être preſſés. *Mais on expliquera ceci plus au long dans une autre Leçon.*

63. Le frottement d'une vis attachée à un volan, eſt ſouvent employé pour regler le mouvement en retardant un poids qui deſcendroit trop vîte, & réduiſant le mouvement acceleré d'un corps peſant dans ſa chûte à un mouvement uniforme, en détruiſant préciſément autant de force que la peſanteur en ajouteroit au mouvement du corps qui deſcend. Mais on explique ceci plus à fond en parlant de la chûte des corps.

Quoique les balances, les leviers, les poulies, les tours & même les coins, puiſſent agir les uns ſur les autres pour augmenter la force de la puiſſance, (ainſi qu'on l'a fait voir dans la conſidération du levier, de la poulie & du tour;) cependant les vis ne peuvent pas être appliquées directement les unes ſur les autres, ſans l'intervention de quelque autre puiſſance méchanique : mais dans la compoſition avec d'autres puiſſances méchaniques ou machines ſimples, la vis ſert à en faire une machine d'une grande force. C'eſt ce qui me conduit aux réfléxions ſuivantes ſur les machines compoſées.

Machines compoſées.

70. La combinaiſon de deux ou de pluſieurs machines ſimples, pour les uſages de la vie (ſoit qu'elles ſoient de la même eſpéce ou de differentes eſpéces) par le moyen d'un cadre de bois ou de quelque métal, forme ce que nous appellons une *machine*

composée. Comme le détail des différentes sortes de machines composées qui sont en usage seroit infini, nous ne rendrons compte que de quelques-unes, pour juger de ce que l'on peut faire avec une machine qui a été faite ou qui pourra dans la suite être mise en execution, en jettant les yeux sur un devis exact de la machine proposée ; afin qu'on puisse avoir une juste idée de ce qui est ou peut devenir utile, & qu'on ne soit pas trompé par ceux qui prétendent avoir trouvé le mouvement perpetuel, ou par ceux qui promettent par leurs machines de plus grands effets qu'il ne convient à la proportion réciproque entre l'intensité des puissances & des poids avec leurs vîtesses. * LEÇON III.

* Note 14.

71. LES deux machines représentées dans les *Figures* 1. *&* 2. de la *Planche* 6. représentent les scorpions que les Anciens employoient à la guerre pour lancer des pierres, tels que je les ai déja décrits, (*Leçon* 2. *Note* 7.) j'ajouterai seulement ici, qu'ils sont composés d'un levier fourchu, de deux tours & deux poulies, & celles-ci dans la *Figure* 1. ne font que diriger la corde, n'étant que des rouleaux, mais dans la *Figure* 2. elles doublent la force de la puissance.

72. LA machine hydraulique de la *Planche* 7. *Figures* 14. & 15. est composée de deux leviers E D & J K, & on en a expliqué l'usage dans l'endroit où j'en ai parlé la premiere fois (*Leçon* 2. *Note* 9. à la fin.)]

73. LA 14e. *Figure* de la *Planche* 9 représente une machine d'une grande force composée de trois leviers qui agissent l'un sur l'autre, comme on l'a décrit ci-devant.

74. QUOIQUE dans la 10e *Planche*, les machines representées dans les *Figures* 4, 5, 6, 7 & 8, soient composées de plusieurs poulies simples, ou chapes (leurs rouës tournant autour d'une cheville centrale) telles que celle de la *Figure* 1 ; cependant comme la même corde passe au-dessus & au-dessous de toutes ces poulies, on doit ne les considérer que comme une seule machine ; car les Ouvriers ne leur donnent que le nom simple de mouffles, & les Anciens considéroient une ou plusieurs poulies jointes de la maniere qu'elles sont représentées par ces figures, comme une seule machine, à laquelle ils donnoient différens

LEÇON III.

noms selon le nombre des chapes; comme *monopaſtum*, lorſqu'elle n'en avoit qu'une, *diſpaſtum*, lorſqu'elle en avoit deux, *triſpaſtum* pour trois, *tetraſpaſtum* pour 4, *pentaſpaſtum* pour 5, & ordinairement *polyſpaſtum* pour pluſieurs.

75. MAIS la machine de la *Figure 9. Planche* 10. eſt une machine compoſée, parce que les poulies y agiſſent les unes ſur les autres, & qu'elles augmentent la force de la puiſſance en plus grande proportion que celle du nombre des chapes dans les précedentes, comme on l'a fait voir. (n°. 41.)

76. LA 13e *Figure* repréſente une figure compoſée de deux tours, & dont l'opération a été décrite & la force calculée (n°. 47.)

77. LA 9e & 10e *Figure* de la *Planche* 11, ſont des machines compoſeés, parce que de ſi grandes vis ne ſçauroient ſe tourner ſans des leviers qui leur ſoient appliqués. N. B. *Il eſt à remarquer, que lorſqu'un levier, ou pluſieurs leviers tournent circulairement un aiſſieu, auquel cas on les nomme des* barres, *ils font la fonction d'une rouë qui feroit tourner cet aiſſieu, & qu'ils peuvent par conſéquent être regardés avec l'aiſſieu comme un* Tour.

Cela eſt encore plus évident, ſi l'on obſerve le mouvement de la manivelle A H dans la *Figure* 13. *Planche* 11, qui ſert à faire tourner circulairement la vis & l'aiſſieu A B.

78. COMME la vis ajoute beaucoup à la force de la puiſſance, parce que les pas en ſont fort ſerrés, elle n'éleve le poids qu'à une petite hauteur; & le tour (par la raiſon qu'on en a donnée dans la deſcription qu'on en a faite n°. 46.) quoiqu'il éleve le poids à une fort grande hauteur ou qu'il le tire dune grande profondeur, n'augmente pas beaucoup la force de la puiſſance; il s'enſuit que la combinaiſon de ces deux machines doit conſerver les avantages de chacune, & en ôter les défauts : c'eſt ce qui arrive lorſqu'on fait en ſorte que les fils de la vis C D ſaiſiſſant obliquement les dents de la rouë en *c*, & qu'en faiſant tourner continuellement la rouë, ils lui font élever un grand poids comme W par le moyen de la corde qui eſt roulée ſur l'aiſſieu E F. Si l'on ajoute à l'aiſſieu E F une autre vis, comme en G H, pour faire tourner une ſeconde rouë L, dont l'aiſſieu M étant d'une longueur ſuffiſante, reçoit la corde N à la place de K O, elle élevera un poids

beaucoup plus grand. On peut faire une machine d'une force immenſe pour percer les métaux les plus durs par le moyen d'un inſtrument bien aceré fixé à l'extrémité de l'aiſſieu M, ou pour faire d'autres opérations qui exigent la plus grande force. LEÇON II.

79. LA gruë eſt un inſtrument d'un ſi grand uſage, que nous ne pouvons pas nous diſpenſer d'en donner ici la deſcription. Il y en a de deux ſortes : dans la premiere la potence ſeule ſe meut ſur ſon aiſſieu, & dans la ſeconde, toute la gruë avec ſon poids tourne ſur un aſſieu bien ſolide.

80. LA *Figure* 1. de la *Planche* 12 repréſente la premiére eſpéce de gruës, vûë de profil. LBED eſt la coupe de la partie du quai où elle eſt fixée, dont LB eſt la ligne horizontale. AC eſt une forte poutre horizontale qui forme une partie ſupérieure de la gruë, & dans laquelle ſont arrêtées les trois piéces verticales X, Y, Z, (dont la derniere nommée piéce moyenne, eſt plus forte que les autres) avec leurs traverſiers JE & leurs crampons HJ ; le crampon *h* E eſt plus long & plus fort que les crampons & traverſiers NM & DS des deux autres piéces verticales, & il eſt chevillé de fer, au lieu que les autres n'ont que des chevilles de bois. Lorſque le quai ou la gruë eſt arrêtée n'eſt pas pavé de pierres, (comme on le repréſentée ici) les trois traverſiers ne doivent être que d'une ſeule piéce, & s'étendre de D en E, quatre crampons, tels que K, joignant les pieces verticales aux poutres horizontales. On attache avec de fortes chevilles de fer, à la poutre horizontale dont on a parlé ci-devant, une petite piéce PP, qui porte un anneau de fer pour y recevoir le pivot de fer ou l'aiſſieu de l'arbre vertical RF, qui eſt un *tour ;* ſon extrémité inférieure eſt auſſi un pivot de fer qui tourne dans un autre anneau de fonte placé dans une piéce de bois ſolide F. Le tour au lieu d'une roue porte quatre barres *e, f, d*, & l'autre qui eſt derriére *d*, leſquelles entrent dans ſa partie la plus épaiſſe, qui eſt à huit pans, la partie ſupérieure étant ronde pour recevoir la corde. Lorſque cette piéce eſt liée avec du fer au-deſſus & au-deſſous de *d*, il vaut mieux n'employer que deux barres au lieu de quatre, en leur faiſant traverſer entiérement la piéce, comme *e b*, & les hommes à chaque bout pouſſeront circulairement dans la direction *b* O *e*, pour rouler en haut la corde, & élever le poids qui eſt à ſon extrémité. Cet aiſſieu vertical de bois, Planche 12. Figure 1.

SECTION III. avec ſes barres ſe nomme *cabeſtan* de la gruë (toutes ces ſortes d'aiſſieux ſe nommant *cabeſtans*, lorſqu'ils tournent dans une ſituation perpendiculaire, comme les cabeſtans des navires, & *vindas*, lorſqu'ils tournent dans une poſition horizontale, quoiqu'ils ſoient deſtinés à la même fin que les cabeſtans) & la corde Rrr, qui paſſe premierement ſur la poulie ou rouleau T, enſuite dans les poulies P & Q, & enfin ſur la poulie *r*, ayant à ſon extrémité un double crochet, qu'on nomme une *Louve*, & auquel ſont attachés les poids que l'on veut élever. La potence G V B eſt mobile ſur ſon aiſſieu C B par le moyen des pivots de fer qui ſont à ſes deux bouts B & C; en ſorte que lorſque le poids eſt porté aſſez haut, on peut aiſément le tirer du vaiſſeau ou du bateau, par le moyen d'une petite corde qui lui eſt attachée, ou qui eſt à l'extrémité de la potence en *g*; par exemple, étant ſur l'eau en W, on le tire ſur une charrette ou ſur une autre voiture placée ſur le quay vers *u*, à droite ou à gauche de la piéce Z. Il y a un toît ou un petit appentis de bois A *a* Q, pour mettre la corde à l'abri de la pluye, lorſque la gruë n'eſt pas en mouvement, la potence étant alors tournée vers Y ſous ce toît.

Planche 12. Figure 1.

Planche 12. Figure 2.

La 2e *Figure* marque le plan de la partie ſupérieure de la gruë, ou telle qu'elle paroît vûë d'en haut, où l'on doit obſerver la poſition des poulies P & Q, & de l'endroit (où eſt le centre de la potence dans une ligne qui touche la circonférence des deux poulies; car ſi ce centre du mouvement de la potence étoit dans la ligne qui joint les centres des poulies; la potence étant chargée exigeroit une force pour pouſſer ſon extrémité *g* au-deſſus du quay de l'un des deux côtés, & cette force ceſſant d'agir, le poids & la potence reculeroient & ne ſeroient en repos que ſur W. Vous trouverez cela expliqué plus en détail dans les notes,* où l'on examine la troiſiéme *Figure* qui eſt une partie de la gruë & des diverſes ſituations de la potence & de la corde, tracée ſur une plus grande échelle.

* Note 15.

Cette gruë eſt fort expéditive lorſqu'on a pluſieurs bras, étant toujours néceſſaire que quelques-uns ſe tiennent aux barres pour empêcher le poids de retomber, ce qui ſeroit d'une conſéquence dangereuſe. Mais ſi au lieu du cabeſtan en O, il y avoit une vis ſans fin, & une roue horizontale avec un aiſſieu attaché à la piéce X qui doit être très-forte à ce deſſein, ou une machine dans le goût de la *Figure* 13. *Planche* 11. ſeulement avec un pignon, au lieu

lieu d'une vis en GH, racourciſſant l'axe EF, & allongeant l'aiſſieu M, pour y recevoir la corde ; alors deux hommes ſuffiſent, & ſouvent un ſeul, pour amener aiſément les poids du bateau ; parce que par la réſiſtance de la vis contre les dents de la rouë, la machine ſoutient le poids à toutes les hauteurs, pendant que l'homme abandonne la manivelle pour amener le poids par la petite corde attachée en *g* (*Planche* 12. *Figure* 1) au-deſſus de la charréte ſur le quai, pour le recevoir ; & même le poids tombera doucement de lui-même, ſi un homme par une prompte ſecouſſe fait tourner la manivelle du côté oppoſé à celui par où le poids a été élevé ; ce qui eſt commode pour charger la charréte. N. B. *Cette impulſion ſubite ſur la manivelle, produit dans la vis le même effet que le coup dans le coin pour le faire avancer.* (n°. 57.)

LEÇON III.

Planche 12. Figure 1.

Comme cette derniere eſpéce de gruë avec la vis & la rouë augmente beaucoup la force de la puiſſauce, il n'eſt pas néceſſaire de rappeller dans l'eſprit du Lecteur, qu'il y faut employer plus de tems pour élever le poids ; puiſque la vîteſſe du poids, comparée avec celle de la main de l'homme qui fait tourner le manche, doit être diminuée en proportion réciproque de l'intenſité du poids à l'intenſité de la force de l'homme (L. 2. n°. 9. 12. 17) : cela étant également vrai dans toutes les machines compoſées, comme dans les machines ſimples.

81. La 4e. *Figure* de la *Planche* 12 repréſente la ſeconde eſpéce de gruë, qui non-ſeulement eſt utile ſur un quai pour élever les fardeaux peſants, mais qui eſt auſſi d'une grande utilité dans la batiſſe pour élever de grandes pierres, & les porter circulairement au lieu deſtiné. Elle eſt compoſée des parties ſuivantes. Sur les croiſieres inférieures LLLLLL, la forte piéce verticale K eſt ſoutenuë & arrêtée par des étançons obliques. Toute la machine tourne ſur la partie ſupérieure du fuſeau S, qui eſt couvert de fer (& quelquefois tout de fer) ; ſe mouvant aiſément de C en G, lorſqu'elle eſt chargée de ſon fardeau H. CA eſt la contre-rouë avec ſon aiſſieu DB, qui ne porte que par les extrémités de fer dudit aiſſieu, ſur deux piéces perpendiculaires ſuſpenduës en B & *b* ; Ff eſt le bras ou échelle dont le ſommet F porte la poulie au-deſſus du poids, les autres poulies étant aux extrémités des piéces M, N, E : Les parties qui reſtent ſont trop claires dans la Figure, pour avoir beſoin d'une plus longue explication. La puiſſance eſt quelquefois appliquée par le moyen

Planche 12. Figure 1.

LEÇON III.

d'une corde ſur la circonférence extérieure de la rouë A, mais ordinairement des hommes ou un cheval ou un aſne, la font tourner en y marchant en-dedans.

Planche 12. Figure 4.

Quelquefois auſſi on gagne de la force par le moyen d'une contre-rouë dentée, en donnant le mouvement à ſa circonférence avec un pignon.

82. La 5e. *Figure* repréſente un cric, qui eſt un inſtrument fort uſité, pour élever des poutres péſantes ou de fort grands fardeaux de toute eſpéce; mais comme ſon mouvement à rouës eſt caché ſous une forte piéce de bois C B, je crois qu'il eſt à propos d'en repréſenter l'intérieur dans la *Figure 6*, où il faut ſeulement ſuppoſer la crémaillere A B au moins quatre fois auſſi longue à proportion de la rouë Q (la figure de la crémaillere étant ici raccourcie parce que la place y manque) & ſes crans, qui doivent être quatre fois plus nombreux pour qu'il y en ait environ trois dans un pouce. Enſuite ſi la manivelle a ſept pouces de longueur en diametre, cinq tours, c'eſt-à-dire, cinq fois 22 pouces ou 110 pouces, ſeront la vîteſſe de la puiſſance pendant que le poids élevé par la griffe A, ou abaiſſé par la griffe B, ſe meut d'un pouce : car comme le pignon n'a que quatre dents, & la rouë Q vingt, il doit y avoir cinq révolutions de la manivelle fixée au pignon pour faire tourner la rouë une fois, dont le pignon à trois dents fera mouvoir préciſément trois crans de la crémaillere, ou un pouce. On auroit auſſi connu cela ſans voir, ou même ſans connoître le nombre des dents de la rouë & des pignons, en meſurant une révolution de la manivelle dans la *Figure 5*. & comparant l'eſpace parcouru par la main avec l'eſpace parcouru par l'extrémité A ou B. Ainſi dans toute autre machine compoſée, nous pouvons juger de ſa force, en comparant la vîteſſe de la partie à laquelle la puiſſance eſt appliquée avec la vîteſſe qui meut le poids, comme on l'a fait voir ci-devant. (n°. 32, 47.) Quelquefois cette machine eſt ouverte par derriere depuis le bas preſque juſqu'à la rouë Q, afin que la griffe inférieure (qui dans ce cas eſt tournée en haut vers B) tire le poids en haut. Lorſque ce poids eſt tiré ou pouſſé à une hauteur ſuffiſante, on l'empêche de retomber en ſuſpendant l'extrémité du crochet S attaché à une gache au-deſſus de la partie courbée de la manivelle en *h*. (*Figure 5*.) Tout l'ouvrage doit être très-fort dans cette machine, mais ſurtout les parties qui ſoutiennent immédiatement le poids ; & cela doit

être auſſi obſervé dans toutes les machines compoſées. LEÇON III.

83. TOUTES les puiſſances méchaniques ſont réunies enſemble dans la machine repréſentée par la premiére *Figure* de la *Planche* 13e. qui reſſemble à nos tourne-broches ordinaires. Dans un cadre A B C D attaché par l'écroüe *o* ſur le guéridon *o* O, & affermi par les traverſiers V W & B Q, on applique premiérement la piéce E F, dont les vannes ou aîles peuvent ſe mettre en mouvement par le vent, ou ſe tirer par un cheveu attaché en F, repréſentant le lévier & la balance : à angles droits ſur cette piéce on joint le fuſeau perpendiculaire G H, qui porte la vis ſans fin H, laquelle doit être auſſi regardée comme un *coin* (n°. 63). Cette vis ſans fin prend les dents de la roüe K, ce qui forme le *tour*, & cette roüe en tournant fait rouler ſur ſon aiſſieu la corde L M, laquelle paſſant autour des poulies en M & N (ou tirant par une *mouffle à cinq yeux*) éleve le poids P. Mais comme la vis n'a point de mouvement progreſſif ſur ſon axe, on ne peut pas la prendre ici pour un plan incliné ; pour faire donc une machine qui renferme toutes les puiſſances méchaniques mentionnées ci-devant, il faut ajouter à celle-ci un plan incliné *r q* R Q, en le faiſant appuyer ſur le terrain en Q R, & ſur le traverſier *q* B en *qr*, & par ce moyen la force de la puiſſance tirant en F, ſera encore plus augmentée en raiſon de QT à TS. (n°. 49.) On trouve toute la force que cette machine donne, en comparant l'eſpace parcouru par le point F avec la hauteur à laquelle le poids eſt élevé dans un nombre déterminé de révolutions de F (n°. 32, 47, 82). Un cheveu de la tête d'un homme tirant en F, élevera aiſément un poids de cent livres en P. Planche 13. Figure 1.

84. DANS les machines précédentes, tant ſimples que compoſées, la puiſſance ſelon ſon intenſité eſt tellement appliquée à une partie de la machine, qu'elle agit immédiatement ſur le poids dont la réſiſtance détruit toute la force de la puiſſance, lorſqu'il ſe fait un équilibre en donnant au corps qui eſt mû & au corps mouvant, une vîteſſe réciproquement proportionnelle à leurs intenſités, & lorſque le produit de la puiſſance par ſa vîteſſe ſurpaſſe celui du poids par ſa vîteſſe, il ne reſte pas plus de *moment* à la puiſſance, que ce qu'elle a par-deſſus le poids. (n°. 14.) Mais il y a d'autres inſtruments méchaniques où la force de la puiſſance eſt accumulée &, pour ainſi dire, condenſée, avant que le poids

LEÇON III. agiſſe ſur elle en aucune façon ; tel eſt le marteau, le robinet, le chien de la platine d'un fuſil, qui porte la pierre qui doit fraper l'acier, le belier des Anciens (dont on a parlé dans une autre Leçon) & le pendule ; en un mot pour ce qui ſert à donner un coup ſubit, ou une forte impreſſion inſtantanée ; & quoique tout cela puiſſe ſe réduire au calcul géométrique, lorſqu'on eſt certain des effets produits par ces puiſſances, cependant on ne peut pas l'expliquer par les principes qu'on a donné ci-devant ; c'eſt pourquoi nous en différerons l'explication juſqu'à ce que nous ayons dévelopé les loix du mouvement d'où ces inſtruments dépendent. Mais je crois qu'il eſt à propos de rappeller ici l'explication que *Newton* donne de toutes les puiſſances méchaniques par une ſeule figure, telle qu'on la trouve dans le ſecond corollaire de ſes loix du mouvement ; car quoique cette explication dépende de ces mêmes loix que nous examinerons dans la ſuite, en ſuppoſant comme vrai tout ce qui eſt contenu dans ſon premier corollaire, nous viendrons à notre but.

Planche 13. Figure 2.

85. *Si deux forces agiſſent toutes à la fois ſur un corps placé en* A (Figure 2. Planche 13) *& que leurs intenſités ſoient comme la longueur des lignes* AB *&* AC, *& leurs directions ſelon la poſition de ces lignes ; le corps ainſi pouſſé décrira la diagonale du parallélogramme formé, en tirant les deux lignes* CD *&* DB *reſpectivement égales & paralléles aux deux premiéres, & cette diagonale ſera décrite par ces forces réunies dans le même tems que l'une des forces auroit fait décrire ſéparément au corps la ligne* AB *ou* AC. *Et comme par la compoſition des forces ce corps doit ſe mouvoir dans la ligne* AD ; *ainſi un corps qui ſe meut dans cette ligne* AD, *quoique par l'action d'une ſeule force, doit être conſideré comme s'il avoit été pouſſé par deux forces, en réduiſant cette force ſimple en deux autres, telles que* AC *&* AB.

Planche 13. Figure 3.

86. Si les *rayons* inégaux OM (*Planche* 13. *Figure* 3.) & ON tirés du centre O d'une roue, ſoutiennent les poids A & P, par le moyen des cordes MA & NP, & qu'il ſoit queſtion de connoître les forces de ces poids pour mouvoir la roue : il faut abaiſſer du centre O la ligne droite KOL perpendiculaire aux cordes en K & L, & du centre O avec OL, la plus grande des diſtances OK & OL, décrivez un cercle, qui rencontre la corde MA en D ; menez OD, & tirez AC paralléle, & DC perpendiculaire à OD. Maintenant comme il eſt indifférent que les

points K, L, D, des cordes soient ou ne soient pas fixés au plan de la roue, les poids auront toujours le même effet, soit qu'ils soient suspendus aux points K & L, ou D & L. Soit toute la force du poids A représentée par la ligne AD, & qu'elle soit décomposée en deux forces AC & CD; celle AC qui tire le rayon OD directement depuis le centre, n'a aucun effet pour contribuer au mouvement de la roue : mais l'autre force DC tirant le rayon DO perpendiculairement, a le même effet que si elle tiroit perpendiculairement le rayon OL égal à OD; c'est-à-dire, qu'elle aura le même effet que le poids P, si ce poids est au poids A, comme la force DC est à la force DA; c'est-à-dire, (à cause des triangles semblables ADC, DOK) comme OK est à OD ou OL. Donc les poids A & P, étant *réciproquement* comme les rayons OK & OL qui sont dans la même ligne, ont la même force, & ainsi ils restent en *équilibre*, ce qui est la propriété connue de la balance, du lévier & de la roue. Si l'un des poids est plus grand que selon cette raison, sa force pour mouvoir la roue en sera d'autant plus grande, si le poids *p* égal au poids P est partie suspendu par la corde N*p*, partie soutenu par le plan oblique *p*G; menez *p*H, NH, la premiere perpendiculaire à l'horizon, & la seconde au plan *p*G; & si la force du poids *p* tendant en bas est représentée par la ligne *p*H, elle sera décomposée en deux forces *p*N, HN. S'il y avoit un plan perpendiculaire à la corde *p*N, qui coupât l'autre plan *p*G dans une ligne paralléle à l'horizon, & que le poids *p* fût soutenu uniquement par ces plans *p*Q, *p*G, il presseroit ces plans avec les forces *p*N, HN; sçavoir, le plan *p*Q avec la force pN, & le plan *p*G avec la force HN. Et par conséquent si le plan *p*Q étoit supprimé, ensorte que le poids dût étendre la corde, comme cette corde en soutenant le poids tient la place du plan supprimé, on aura la force de ce poids, en le regardant comme la même force *p*N qui pressoit auparavant le plan. Donc la tension de cette corde oblique *p*N, sera à celle de l'autre corde perpendiculaire *p*H, comme *p*N est à *p*H. Et par conséquent si le poids *p* est au poids A en raison composée des moindres distances des cordes *p*N, AM au centre de la roue & de la raison directe de *p*H à *p*N, les poids auront le même effet pour mouvoir la roue, & par conséquent se soutiendront mutuellement, comme on peut le voir par expérience.

LECON III.

Planche 13. Figure 3.

Mais le poids *p* pressant sur ces deux plans obliques, doit être regardé comme un coin entre deux surfaces intérieures du corps

SECTION III.

Planche 13. Figure 3.

qu'il fend ; & par-là on détermine les forces du coin & du maillet : car la force avec laquelle le poids *p* preſſe le plan *P Q*, eſt à la force avec laquelle le même poids, ſoit par ſa propre péſanteur ou par le coup d'un maillet, eſt pouſſé dans la direction de la ligne *p* H vers les deux plans, comme *p* N à *p* H ; & à la force avec laquelle il preſſe l'autre plan *p* G, comme *p* N à N H. Et ainſi l'on peut tirer la force de la vis d'une décompoſition ſemblable des forces ; la vis n'étant qu'un coin pouſſé par la force d'un lévier. Donc l'uſage de ce corollaire s'étend fort loin, & par cette grande étenduë on en ſent mieux la vérité. Car de ce qui a été dit dépend toute la théorie des méchaniques, démontrée en diverſes maniéres par les Auteurs. Delà on tire aiſément la force des machines qui ſont compoſées de roues, de poulies, de léviers, de cordes & de poids qui montent directement ou obliquement, & des autres puiſſances méchaniques, comme auſſi la force des tendons pour mouvoir les os des animaux.

NOTES sur la Troisiéme Leçon.

1. [Art. 1 — *Les Machines ſimples ou Inſtruments, que quelques-uns nomment* Méchaniques *ou* Puiſſances Méchaniques.]

Notes ſur la III. Leçon.

LE mot *Puiſſance* doit être pris ici dans un ſens différent de celui qu'on lui a donné dans la ſeconde Leçon, où le mot *Puiſſance* (L. 2. n°. 19) ſignifiant tout ce qui ſert à élever un poids, eſt défini en général ; car ici il ne ſignifie que l'outil ou l'inſtrument, qui fait qu'une puiſſance d'une intenſité connuë agit ſur un poids ; & par conſéquent nous devons prendre garde de n'attribuer aucune force réelle à aucune machine ſimple ou compoſée, comme pluſieurs le font uniquement parce qu'on a donné le nom de *Puiſſance* aux inſtruments méchaniques ; quoique ce ne ſoit pas à raiſon de leur effet, mais à cauſe de l'effet que la puiſſance produit par leur moyen. Car de quelque maniere que la force de la puiſſance ſoit augmentée par les inſtruments pour ſoutenir ou pour élever un poids qui lui eſt de beaucoup ſupérieur en intenſité ; on ne peut pas cependant y parvenir ſans perdre en eſpace & en tems ce que l'on gagne en force ; ce qui eſt bien oppoſé à ce que quelques-uns ont vainement imaginé ; parce que le vulgaire parle ordinairement d'une machine comme ſi c'étoit un animal, & attribue à la machine l'effet qui ne vient que de la puiſſance qui le produit par le moyen de la machine ; delà vient qu'on dit ordinairement, *cette machine éleve une telle quantité d'eau*, ou *fait un tel & un tel ouvrage ;* au lieu qu'on devroit dire, ſi l'on vouloit parler exactement & philoſophiquement, *ce courant d'eau, cette chute d'eau, le vent*, ou *un tel nombre d'hommes, de chevaux* ou *de bœufs*, &c. *élevent une telle quantité d'eau dans un tel tems*, &c. *par une telle ou telle machine*, comme nous l'avons obſervé dans la Note 6. ſur la derniere Leçon. Il ſeroit donc à ſouhaiter que le mot *Puiſſance* fût borné à ſon ſens propre, & qu'on ne s'en ſervît pas pour exprimer des inſtruments méchaniques ; mais comme on eſt en uſage de le prendre dans ce ſens, je crois qu'il eſt à propos de ſuivre cet uſage avec la précaution que je viens de donner.

2. [— 3. *Réduiſant toutes les puiſſances méchaniques au lévier, ou expliquant toutes leurs opérations par celle du lévier*, &c.] Quoiqu'on puiſſe faire voir aiſément (comme nous le ferons à la fin de cette Note) que tous les autres inſtruments méchaniques contiennent virtuellement un lévier ; c'eſt-à-dire, que ſi on ne laiſſoit que le ſeul lévier dans toutes les autres machines ſimples, en retranchant tout le reſte, la même proportion réciproque entre les vîteſſes de la puiſſance & du poids, & leurs intenſités, ſe verroit auſſi clairement dans un tel lévier, que dans la machine, avant qu'elle y fût réduite : il ne ſuit pourtant pas delà, qu'on puiſſe avec le lévier ſeul venir au but de tous les autres inſtruments méchaniques ; car on les a imaginés de différentes formes, pour répondre aux différentes maniéres de travailler, qui ſont requiſes dans les opérations méchaniques pour les uſages de la vie,

...RES ſur la III. Leçon.

étant ſouvent impoſſible d'employer un inſtrument méchanique à la place d'un autre, & toujours étant plus commode d'employer l'un que l'autre, dont le choix dépend de la ſagacité de l'Artiſte.

Ainſi dans la balance (ſoit que ce ſoit une balance ſimple ou une romaine) les marchandiſes que l'on achete, ou les corps péſants dont on veut connoître la quantité de matiére, ne doivent pas être élevés avec vîteſſe, mais on ſuppoſe ſeulement qu'ils faſſent *équilibre* avec un poids connu, qui dans cette machine ſert de *puiſſance*.

Mais on ne ſe ſert que rarement ou preſque jamais du poids comme d'une puiſſance dans les autres inſtruments méchaniques, excepté dans un très-petit nombre, & dans les machines de guerre des Anciens, qui ne ſont plus en uſage.

La force d'un ou de pluſieurs hommes eſt la puiſſance appliquée au lévier; ici la puiſſance doit toujours ſurpaſſer le poids, en ajoutant un peu plus de vîteſſe ou un peu plus d'intenſité à la puiſſance, par-deſſus la proportion réciproque requiſe dans la balance. Avec cet inſtrument on écarte un peu les corps péſants pendant un tems, comme les grandes pierres dans la bâtiſſe, les grands tuyaux de bois, de plomb ou de fer dans les machines hydrauliques, & les grandes poutres; mais les léviers ne ſervent qu'à élever ces corps aſſez haut pour les poſer ſur les voitures, &c.

Si l'on veut élever une pierre à une hauteur conſidérable pour la poſer dans l'endroit qui lui convient dans une bâtiſſe, ou ſi l'on veut élever un autre corps à quelque hauteur au-deſſus de trois ou quatre pieds, le lévier devient inutile, & il faut alors employer les poulies ſelon quelqu'une des méthodes dont on a parlé dans cette Leçon. (n°. 37, 38, 39, 40, 41). Les poulies & mouffles ſont fort commodes lorſqu'on n'a point de place pour un cabeſtan, & lorſque les corps doivent être élevés en différents endroits, parce qu'on peut les tranſporter aiſément; mais le poids ne doit pas être fort grand, par la raiſon que pluſieurs hommes ne peuvent pas agir tous à la fois & également ſur une ſeule corde; & que ſi l'on augmente beaucoup la puiſſance par le nombre des poulies ou des rouës dans les mouffles, la corde doit être d'une longueur prodigieuſe, & par conſéquent incommode.

Le tour, le cabeſtan, ou le vindas, qui ne ſont qu'une même machine différemment ſituée, eſt en uſage lorſque les poulies ne ſuffiſent pas. Par exemple, s'il faut tirer l'eau d'un puits profond, on ſe ſert d'une rouë avec des rayons pour tourner l'aiſſieu ſur lequel la corde eſt roulée pour élever le ſceau ou les ſceaux. Dans la bâtiſſe un cabeſtan, dont la conſtruction ne donne pas plus d'avantage qu'une mouffle ou poulie à pluſieurs yeux, ne laiſſe pas d'être plus utile, parce qu'on peut y employer huit, dix ou douze hommes pour pouſſer les barres, au lieu qu'on ne peut en employer que trois ou quatre à la corde d'une poulie. Si les quatre barres du cabeſtan ſont ſi longues, que trois hommes appliquant leur force ſur chacune, celui du milieu ſe trouve à trois pieds de diſtance de l'axe du mouvement, & que l'aiſſieu ſur lequel la corde ſe roule ait ſix pouces & demi de diametre, ces douze hommes feront autant que 72, mais en ſix fois plus de tems. On feroit la même choſe & dans le même tems, par le moyen de deux hommes qui marcheroient dans une rouë verticale de 24 pieds de diametre (que quelques-

uns

Notes sur la III. Leçon.

nns nomment contre-rouë, dont l'aiſſieu horizontal auroit huit pouces de diametre, & l'on pourroit par l'une de ces machines élever un poids d'environ un tonneau & demi, ou de deux tonneaux. Mais ſi ſur un quai, où l'on ne pourroit employer que deux hommes pour travailler à la gruë, il étoit requis d'enlever de grands blocs de marbre trois ou quatre fois plus péſants que le poids dont nous venons de parler, (car un bloc de marbre de ſix pieds de longueur, de quatre de largeur, & de 4 d'épaiſſeur, péſeroit de 7 à 8 tonneaux) la contre-rouë devroit être de 72 pieds de diametre, & l'aiſſieu de 8 pouces, ce qui eſt impraticable, à cauſe du volume & des frais; ou l'aiſſieu devroit avoir trois fois moins de diametre, & alors il ne ſeroit pas aſſez fort pour ſoutenir le poids.

Dans ce cas il faut employer un tour compoſé, tel qu'il eſt décrit dans cette Leçon (N°. 47); mais avec un pignon de plus: par exemple, ſi l'on arrête à l'aiſſieu précédent de huit pouces de diametre, une rouë dentée de fer de quatre pieds de diametre, & ſi cette rouë eſt engrainée dans un pignon de fer de ſix pouces de diametre, dont la rouë a trois pieds de diametre, & engraine dans un pignon de 8 pouces, dont la manivelle a un pied de longueur, deux hommes feront la même opération avec cette machine, mais ils employeront trois fois plus de tems. **N. B.** *Si les dents des rouës ſont de cuivre, & les dents ou fuſeau des pignons de fer, le mouvement de la machine en ſera plus doux & plus uniforme.*

Voici le nombre des dents, des rouës & des pignons.

Le premier pignon qui porte la manivelle, 28.

La premiere rouë qui engraine dans ce pignon, 112.

Le ſecond pignon, 19

La ſeconde rouë, 171

Et l'aiſſieu ſur lequel la corde ſe roule, doit être d'environ huit pouces de diametre, parce qu'il porte immédiatement le poids par la corde qui paſſe ſur quelques poulies ſupérieures ou rouleaux, qui n'augmentent pas la force de la puiſſance.

Si le cabeſtan avec les barres dont on a parlé, eſt fixé pour faire le travail dont il eſt capable, & qu'il ſurvienne une occaſion imprévûe d'élever de fort grands fardeaux, il n'eſt pas néceſſaire d'ôter ce cabeſtan, pour mettre à ſa place la combinaiſon des rouës dont on vient de parler, parce qu'on peut alors attacher une mouffle à quelque partie du bâtiment, au-deſſus de l'endroit où le poids doit monter, & recevoir la corde du cabeſtan, enſorte que la force de la puiſſance ſera augmentée, ſelon que les mouffles ſeront à *deux*, à *trois*, à *quatre*, ou *cinq*, &c. yeux; enſuite on ôtera les mouffles, & le cabeſtan agira comme auparavant. Dans l'uſage de la contre-rouë ou de la gruë de la ſeconde eſpéce (n°. 82), on peut dans les occaſions augmenter auſſi la puiſſance de la même maniére.

Lorſqu'il n'y a pas lieu d'employer un tour compoſé de deux grandes rouës & de pignons, on peut faire la même choſe par une vis ſans fin que l'on fait tourner par deux manivelles d'un pied de longueur chacune, & qui engraine dans une rouë de deux pieds de diametre, avec 72 dents portant un aiſſieu de 8 pouces de diametre. On a fait voir dans cette Leçon (n°. 79, 81) l'avantage de cette machine.

Notes sur la III. Leçon.

Si l'on veut faire descendre dans un cellier des muids ou pipes de vin ou d'autres liqueurs, ou si l'on veut les en tirer, on pose une planche le long des dégrés, qui dans ce cas est un *plan incliné*; c'est le seul instrument méchanique propre à ce dessein. De même lorsqu'on fait des réservoirs pour l'eau, dans le jardinage, dans les travaux des fortifications, où les charretes ne peuvent pas aller, on se sert utilement de plans inclinés de bois à la place des brouétes, pour porter la terre d'un lieu bas à un endroit plus élevé.

Le coin seul est en usage pour fendre le bois; car la hache qui sert à fendre le petit bois, n'est qu'un coin avec un manche. Le coin est aussi d'un grand usage pour élever une poutre qui doit étayer un plancher qui commence à céder à un trop grand poids dont on l'a chargé, comme dans un Magazin, & il faut y appliquer de cette maniére une si grande force, qu'on soit en état d'élever en même-tems avec le plancher plusieurs mille tonneaux, & les arrêter tous par le moyen de cette petite machine. Car quoique les vis tournées par de longs léviers puissent beaucoup servir à ce dessein, il doit y avoir un espace assez grand pour tourner circulairement avec les léviers; ce qui ne se trouve pas lorsque la partie inférieure du Magazin est pleine de marchandises, qu'il faudroit enlever avec beaucoup de peine & de dépense. Voyez la maniére de faire cette opération dans la 4e. *Figure* de la *Planche* 13.

Planche 17. Figure 4.

B A *b* D E C est une poutre, qui dans sa situation horizontale marquée par les lignes ponctuées B *b* & C D, soutient un plancher. Or lorsqu'on met sur ce plancher de trop grands poids, la poutre se plie, & prend la courbure B A b, ou C E D (qui est la même); alors on prend un pilier de bois vertical P *p*, & on le place au-dessus d'une forte planche F F, & au-dessous d'une piéce horizontale E, (que l'on voit ici de côté.) On glisse cette piéce sous la poutre & au-dessus du pilier de bois; ensuite on pousse à grands coups de marteaux les deux coins de bois W, W aussi larges que le pilier, en les frapant tous à la fois dans des directions contraires, pour redresser la poutre, & remettre le plancher à sa place, sans ôter aucune des marchandises qui sont sur ce plancher, & sans remuer aucune de celles qui sont en-dessous, excepté autant qu'il le faut pour placer, le pilier & la planche.

Tout le monde connoît les usages de la vis pour élever, abaisser, tirer, pousser, presser ou joindre ensemble les corps; & il est évident par la seule inspection, qu'aucun des autres instruments méchaniques ne peut atteindre au même but.

Nous allons maintenant faire voir comment on peut réduire au lévier tous les autres outils ou instruments méchaniques.

On l'a déja fait voir au sujet de la *romaine*, (& l'on peut l'appliquer aux balances ordinaires) par la 6e. Expérience de cette Leçon. (N°. 29.)

Planche 10. Figure 3, 4.

2°. Les poulies se réduisent au lévier de la maniére suivante. On voit clairement qu'une poulie simple comme E D (*Pl.* 10. *Fig.* 3) est un lévier de la premiére espéce, si l'on en ôte toute la chape, & qu'on ne laisse que la ligne ponctuée E D, qui tient deux corps égaux en *équilibre* autour du centre C. Dans la 4e. *Figure* la poulie inférieure *g e*, & la cheville du centre *e*, est évidemment un lévier de la seconde espéce, où la puissance appliquée en g, éleve dans la direction g *d* un poids W suspendu à la cheville du centre *e*. Ici il est clair que *e* est le point fixe ou *apui* du lévier, g *e* la distance de

la puiſſance, & *c e* celle du poids ; & par conſéquent dans l'expérience, la puiſſance P : eſt au poids W :] comme *c e* : eſt à *g e* : : 1 : 2. NOTES ſur la III. Leçon.

En comparant les léviers compoſés de la *Planche* 9. *Figure* 14. avec le ſyſtême des poulies de la *Planche* 10. *Figure* 9, on verra que les quatre poulies réduites à leurs diametres horizontaux, agiſſent l'une ſur l'autre comme quatre léviers de la ſeconde eſpéce, dont chacun a pour diſtance de la puiſſance 2, & pour diſtance du poids 1, & par conſéquent la raiſon compoſée de toutes (n°. 32) eſt celle du poids à la puiſſance, ou de 16 à 1 ; car $2 \times 2 \times 2 \times 2 =$) 16. on verra la même choſe en comparant ce ſyſtême des poulies inférieures avec la *Figure* 5. *Planche* 13, qui eſt préciſément le même ſyſtême, ou aſſemblage de léviers de la deuxiéme eſpéce, où les léviers ſont marqués, auſſi-bien que les forces qui pouſſent en bas chaque lévier.

On peut par la 11*e*. *Figure* de la *Planche* 10, réduire aiſément le tour à un lévier de la premiére eſpéce, répréſenté par la ligne ponctuée E T ; le point fixe étant en K, la puiſſance appliquée en E, & les différents poids ſucceſſivement en A, B & T, coupant toujours le reſte de la machine. Mais comme la corde qui ſoutient le poids ne ſe meut pas dans le même plan que celle qui eſt tirée par la puiſſance, il vaut mieux conſidérer le tour comme un lévier de la premiére eſpéce deux fois coudé, & comme ayant un axe de mouvement qui paſſe par l'une des parties coudées, comme dans la 6*e*. *Figure* de la *Planche* 13. où le lévier coudé A C *c* B ſe meut ſur l'axe J J fixé dans le cadre J K L J. B *c* répréſente le rayon de l'aiſſieu, & A C celui de la rouë, en ſuppoſant B *c* & A C dans le même plan, & à angles droits ſur l'axe ; autrement s'ils étoient obliques, il faudroit les réduire aux léviers droits, en ne prenant pour longueur que les diſtances perpendiculaires de B & A à l'axe J J : alors P étant la puiſſance, & W le poids, la proportion réciproque ſera celle-ci, A C : B *c* : : W : P. Planche 10. Figure 11. Planche 13. Figure 6.

Pour réduire le plan incliné à un lévier, il faut le regarder comme un lévier coudé dans le poids qui roule ſur le plan, dont les bras ſont comme la longueur du plan à ſa hauteur.

Puiſque le triangle A B C (*Planche* 10. *Figure* 14.) eſt ſemblable à w Y B (par 4. 6. *Eucl.*) & w Y B à w B N (par 8. 6) dans le lévier coudé w B N, w B : B N : : A B : B C. Mais puiſque w N eſt la ligne de direction du poids w, ce poids doit être regardé comme preſſant ſur N B, bras le plus court du lévier, au point N, le centre du mouvement étant en B, où le poids ſphérique touche le plan, & la puiſſance appliquée à angles droits à l'extrémité w de w B, bras le plus long du lévier, donc en nommant P la puiſſance, & w le poids, P : w : : N B : B w : : A B : B C. Planche 10. Figure 14.

N. B. *Ici la puiſſance, par le moyen d'une corde qui paſſe ſur la poulie* M, *tire dans une direction paralléle au plan ; mais ſi elle tiroit dans quelque autre direction, il faudroit calculer la force oblique de la puiſſance par le moyen d'un lévier coudé ; mais nous renvoyons ceci à des obſervations particulieres que nous ferons ſur le plan incliné, & à des conſidérations ſtatiques, dans d'autres Notes, excepté la direction paralléle à la baſe, qui réduit le coin au lévier.*

Ici le triangle A B C répréſente le coin, qui étant pouſſé ſous le poids, le fait monter à la hauteur perpendiculaire C B, pendant que la puiſſance pouſſe le coin dans la longueur de ſa baſe A C ; ou, ce qui revient au même,

TES ſur la III. Leçon.

la puiſſance π tire ſelon la ligne *Wr* paralléle à la baſe A C. Ici le lévier coudé eſt O B N, dont le bras le plus court N B ſoutient le poids en N, pendant que la puiſſance attachée en O, tire le bras O B à angles droits.

Planche 13. Figure 7. 8. 9. 10. 11.

Les Auteurs ont donné d'autres moyens de réduire le coin au lévier. Par exemple, le coin B F C de la *Planche* 13. *Figure* 7, eſt regardé comme un lévier de la ſeconde eſpéce, dont *l'appui* eſt en F, & le poids en W, lequel ſe mouvant autour du centre du mouvement F, par une puiſſance portée en avant à l'extrémité du lévier de A en L, éleve le poids W. Ou autrement le lévier étant retenu par l'apui B, en ſorte qu'il faſſe toujours le même angle avec l'horizon, eſt porté en avant de la poſition CFB à la poſition *c f b*, l'apui s'avançant avec lui pour élever le poids en *w*. Dans la 8e. *Figure*, où deux corps ſont ſéparés pour répréſenter l'action de fendre le bois, le coin eſt réduit à deux léviers de la premiére eſpéce, qui ont leurs apuis en F, f, les poids en W, w, & les puiſſances en L, *l*. Ou dans la 9e. *Figure*, deux léviers de la ſeconde eſpéce ſont ſuppoſés fort minces & enfoncés entre les deux poids, en ſorte qu'ils preſſent contre les extrémités de chacun, & qu'ils ont pour apui commun F, les puiſſances ſe mouvant de L, *l*, en *a* & *b*, pendant que les poids W, *w* ſe ſéparent : ou autrement (ce qui revient au même) leſdits deux léviers ſe joignant dans un angle fixe par les apuis L, *i*, (*Figure* 10.) ſont regardés comme enfoncés entre les poids, pendant que l'apui commun s'avance dans la ligne F G. Mais parce que dans toutes ces maniéres d'expliquer le coin, la diſtance de la puiſſance (& par conſéquent ſa force) change continuellement, ce qui n'eſt pas vrai dans le coin, je vais propoſer une autre méthode qui conviendra au cas du coin ſimple ou du coin double, (les diſtinguant ainſi, ſelon que le coin agit avec une ou avec deux ſurfaces) & qui conſervera à la diſtance de la puiſſance & du poids la proportion qui convient à l'angle du coin. Par exemple, dans le coin L F W (*Figure* 11.) L F W eſt un lévier coudé, dont le petit *bras* reſtant toujours le même, éleve le poids x, & le porte en *w*, pendant que le lévier tourne autour du centre F, la puiſſance en L décrivant l'arc L *l* : ainſi dans le coin double (*Fig.* 12) deux léviers coudés ſe mouvant autour du centre F, par leurs petits bras F W, F w, ſéparent les poids W, w ; & lorſqu'ils les ont conduits circulairement en X x, les longs bras L F, *l* F tournant autour de F, & décrivant les arcs L M, *l* M, on voit qu'il en réſulte le même effet, que ſi tout le coin F M avoit été pouſſé entr'eux dans la direction N M.

Ayant fait voir que la vis agit, ou comme un plan incliné, ou comme un coin, il eſt évident que ce que l'on vient de dire la réduit au lévier.

3. [— *La quantité du frottement dans les machines.*] La plûpart des Écrivains en Méchanique, ont obſervé qu'il y avoit une perte de force dans l'operation des machines, eu égard au frottement de leurs parties ; mais ils n'ont pas aſſez conſidéré ce frottement. Delà vient que pluſieurs perſonnes (qui ſe ſont appliquées à l'étude des méchaniques, ſans s'être beaucoup exercées à la pratique) s'imaginent en comparant les effets qui ſont produits par les machines qu'ils examinent, avec les puiſſances qui leur ſont appliquées, que la machine eſt fort défectueuſe, & l'invention mauvaiſe, parce que l'effet différe trop du calcul qu'elles ont fait en faiſant abſtraction du frotte-

ment ; ſe perſuadant qu'à la vérité on doit avoir quelque égard à la perte de la force cauſée par le frottement, mais qu'elle ne doit pas être à beaucoup près auſſi grande qu'ils la trouvent. Prévenus de cette idée, les faiſeurs de projets inventent de nouvelles machines (qui ſont nouvelles pour eux, quoique peut-être on les trouve dans de vieux Livres, qu'elles ayent été autrefois en uſage, & enſuite oubliées & négligées). Ils ſuppoſent qu'elles feront beaucoup plus, que ce qu'ils ont vû exécuter avec la même puiſſance, parce qu'ils ont trop peu d'égard au frottement. Pleins de cette eſpérance, ils font la dépenſe de 70 ou 80 livres pour obtenir un privilége en faveur de leur nouvelle invention ; ils diviſent enſuite le privilége en portions, & ils engagent des gens plus ignorants qu'ils ne ſont eux-mêmes, à contribuer à cette entrepriſe (qu'ils ſuppoſent avantageuſe) ; juſqu'à ce qu'après bien du tems & de l'argent perdu, ils trouvent que leur propre machine eſt plus mauvaiſe que les autres qu'ils ſe flattoient de ſurpaſſer de beaucoup. C'eſt ce qui s'eſt pratiqué fort communément les vingt derniéres années ; car quoique quelques-uns de ces faiſeurs de projets ayent été d'ailleurs des fripons, cependant la plûpart ſe trompent les premiers eux-mêmes, & ceux qui ſont réellement trompés, trompent plus aiſément, & attirent les autres par leur vivacité, & par leur entêtement. C'eſt pour cela que je crois qu'il ſera avantageux au Public de traiter ici à fonds ce qui regarde les frottements, autant que je pourrai y parveair par les expériences que les autres ont fait (ſurtout les Membres de l'Académie Royale à *Paris*,) & par mes propres expériences & obſervations.

Je n'examinerai pas ici le frottement, ou plûtôt la réſiſtance qui vient de la mauvaiſe conſtruction des parties d'une machine qui doivent agir les unes ſur les autres par leur mutuelle application ; lorſqu'on fait agir ces parties obliquement dans le tems qu'elles devroient agir à angles droits, ou lorſqu'on les fait agir plus obliquement qu'elles ne doivent le faire, ce défaut ne venant que d'une théorie imparfaite, & de l'igorance de l'Ouvrier.

Mais je parlerai ſeulement du frottement, qui eſt inévitable par la nature des matériaux, quelque polis qu'ils ſoient, dans le premier uſage que l'on fait d'une machine, & de celui que le tems produit, à meſure que les parties portent inégalement, ou deviennent rouillées, ou pourries, faute d'huile, ou de graiſſe, ou par un long uſage : enſorte que les ſurfaces qui ſe touchent, & qui étoient auſſi polies que la main d'un habile Ouvrier a pû le faire, deviennent très-rudes & inégales par ce moyen, & ajoutent beaucoup de frottement à celui, qui par la nature des matériaux n'a pas pû s'éviter au commencement. C'eſt ainſi qu'un vieux tourne-broche demande plus de poids pour le faire aller, lorſque les pivots & les trous où ils entrent ſont beaucoup uſés, & une ſerrure bien faite s'enrouille faute d'huile, qui la défendroit contre les ſels acides de l'air, & l'on ne peut pas l'ouvrir ſans peine avec une clef rouillée, quoique la figure tant de la ſerrure que de la clef, ſoit auſſi parfaite qu'au commencement. Le bois ſe pourrit, ſe gonfle, ſe déjette & s'écarte de ſes premiéres dimenſions par le tems, & les cordes qui roulent autour des poulies ou des rouleaux, le font avec plus de difficulté à meſure qu'elles ſe roidiſſent par l'humidité, ou qu'elles deviennent plus entortillées de quelque maniére que ce ſoit.

NOTES sur la III. Leçon.

Pour procéder méthodiquement, nous examinerons le frottement inévitable de chacune des machines ſimples, ou inſtruments méchaniques en particulier.

Le lévier eû égard au travail qu'il fait, eſt ſujet à un fort petit frottement, ſe mouvant ſur une petite ſurface qui traverſe l'inſtrument comme une ligne où eſt appliqué l'*appui* ou l'*axe du mouvement*, que l'on ne regarde dans la théorie que comme un point, & qu'on nomme *centre du mouvement*.

Quoique la balance (dont la conſtruction aproche le plus de celle du lévier) n'ait pas plus de frottement à proportion de ſa longueur, que le lévier; cependant elle en a trop de beaucoup, pour une balance délicate, comme on le voit par expérience. Il y a peu de faiſeurs de romaine qui connoiſſent en quoi conſiſte la délicateſſe d'une balance; mais ils ſuivent ordinairement leur routine, ou lorſqu'ils veulent exceller, ils tâchent de ſe ſurpaſſer les uns les autres en ornements, ou dans la fineſſe de l'ouvrage, conſultant plûtôt la beauté que l'utilité, & croyant que tout eſt fait, lorſqu'ils ont conſtruit une balance qui tombe avec une petite partie d'un grain.

Pour me rendre utile à ceux qui veulent faire des balances fort exactes, ou à ceux qui veulent s'en ſervir, j'entrerai ici dans le détail des défauts que j'ai trouvé dans les balances qui paſſent pour être extraordinairement bonnes, & je ferai voir de quelle maniére on peut, à mon avis, éviter ces défauts, & ce que l'on peut attendre de mieux d'une balance bien faite.

M. *George Graham*, & moi, l'été dernier, nous étant mis à faire quelques expériences avec le Brigadier *Armſtrong*, Intendant pour les Ordres de Sa Majeſté, nous avons examiné une balance faite par un Ouvrier fort habile, & conſervée dans un étui de verre, afin que l'air n'eût point d'action ſur elle. Cette balance étoit regardée comme extrêmement délicate, parce que la 256e. partie d'un grain la faiſoit tomber; mais après l'avoir bien examinée, il parut qu'elle s'écartoit de cette délicateſſe, quelquefois de trois des parties précédentes; ce qui nous fit d'abord penſer que la balance avoit peut-être un *bras* plus long que l'autre; mais à la fin nous trouvâmes que cette différence venoit de la ſituation de l'axe du mouvement; car ſi dans le cercle A *a* B *b* (*Planche* 13. *Figure* 13.) qui porte ſur ſa partie inférieure A, l'axe ou le côté tranchant de C, ce côté ne reſte pas en repos en A, mais en *a* ou *b*, le *bras* qui ſera de l'autre côté de A ſera prépondérant; ce qui arriva dans nos expériences, juſqu'à produire une différence trois fois plus grande que lorſque nous faiſions tomber la balance dans ſa vraie ſituation. Or puiſque le frottement augmente à proportion des poids qui portent ſur l'axe du mouvement (comme nous le ferons voir dans la ſuite), cette erreur augmentera de la même maniére, & deviëndra conſidérable à meſure qu'on y péſera des corps plus péſants; de ſorte que lorſque nous croyons avoir un *équilibre*, en tenant ſeulement en haut le fleau E L avec le poids ſuſpendu à ſes extrémités dans la balance, nous trouvons en le laiſſant tomber de nouveau, que l'*équilibre* eſt perdu; tant il eſt difficile de placer le tranchant ou l'axe du mouvement au même endroit où il étoit auparavant, ou de lui donner un vrai ſupport au commencement, ſur la partie inférieure de l'anneau en A. Les Faiſeurs de balances tombent auſſi de tems en tems dans une autre faute, qui eſt de ne pas faire les bras exactement de la longueur requiſe; & pour cacher ce défaut, ils ajuſtent la balance en limant une partie de

Planche 13. Figure 13.

l'épaiſſeur du plus long bras, & quelquefois par le moyen des baſſins. D'autres auſſi voulant orner une balance délicate, affoibliſſent un fleau trop délié, préciſément ſous l'axe où il doit être plus fort.

NOTE ſur la III. Leçon.

Pour faire une balance très-exacte, il faut garder les régles ſuivantes.

Planche 13. Figure 13.

1. L'aiſſieu C doit être de bon acier bien trempé & bien poli, mais ſon tranchant ne doit pas être aſſez aiguiſé pour pouvoir couper.

2. Les deux anneaux ſur leſquels l'aiſſieu doit porter, tels que *A a* B *b*, doivent auſſi être d'acier bien trempé & bien poli, mais leur partie inférieure doit former l'extrémité étroite d'une ovale, enſorte que le trou ſoit de la figure K. Les plans de ces anneaux avec les piéces qui les menent, qui ſont répréſentées par *m n* comme rompuës, avec la languette *O*, qui eſt auſſi rompuë entre les deux) doivent être auſſi exactement paralléles l'une à l'autre, & leur axe commun doit être une ſeule & même ligne.

N. B. *Si l'on faiſoit ces anneaux d'agathe ou de quelque pierre plus dure bien polie, ils vaudroient mieux que s'ils étoient d'acier.*

3. Les points de ſuſpenſion des baſſins, tels que S, doivent être à une diſtance exactement égale du point C du milieu du fleau, & la partie inférieure du trou S, doit être le tranchant d'un acier bien dur & bien poli.

4. Chaque baſſin étant accommodé avec ſon crochet & ſes cordons, doit être péſé ſéparément dans une autre balance, & l'on doit obſerver de les péſer chacun dans la même baſſin, & avec le même contre-poids dans l'autre baſſin, ſans ſécouer le fleau pour changer la poſition de l'axe de la maniére qu'on l'a dit ci-devant.

5. Lorſque le fleau étant ſuſpendu, il paroît par ſa languette (c'eſt-à-dire, par la piéce déliée perpendiculaire au-deſſus de l'axe) qu'il a ſes deux *bras* exactement en *équilibre*; on éprouvera ſi les points de ſuſpenſion ſont à une diſtance exactement égale de l'axe en A, en y ſuſpendant les baſſins (préparés comme on vient de le dire) & s'ils ſont en *équilibre*, on les changera l'un pour l'autre, & l'on ſera par ce moyen aſſuré que les deux baſſins & le fleau ſont bien ajuſtés.

6. Mais ſi l'un des baſſins l'emportant ſur l'autre, on voit que le fleau eſt diviſé inégalement, alors on pliera avec des pincettes la partie L du crochet, pour approcher ou éloigner S autant qu'il faudra, du point A; & ſi cela trouble l'*équilibre* du fleau ſans les baſſins, on ſuſpendra un fil ou quelque petit poids du côté du fleau que l'on a rendu plus court, pour rétablir cet *équilibre*; enſuite on éprouvera avec les baſſins, ſi cet *équilibre* ſubſiſte, & on limera du bras le plus péſant autant que peſe le fil ou le petit poids. Si le fleau eſt d'acier, après que le crochet L F a été trempé, on doit en ôter la trempe de la partie L, afin qu'elle ſoit aſſez douce pour plier ſans ſe rompre.

7. Les points de ſuſpenſion pour les baſſins, tels que S, doivent être dans la même ligne horizontale que l'axe A, les baſſins doivent être ſuſpendus fort librement à leurs crochets, & le centre de gravité du fleau doit être fort peu au-deſſous de A.

8. Lorſque le fleau d'une balance peſe de trois ou quatre onces juſqu'à environ une ou deux livres, quelquefois les point de ſuſpenſion des baſſins ſont enfermés dans des boëtes comme B (*Planche* 13. *Figure* 14.) & ils ſont

SUITES sur la III. Leçon.

Planche 13. Figure 14. 15. 16. & 17.

traversés par une piéce quarrée d'acier C, dont la partie supérieure a au milieu un tranchant comme l'axe du fleau, mais qui tourne seulement en haut, pour soutenir l'œil E *e*. Le crochet C *c* (*Figure* 15.) du bassin représente une des piéces da la boëte, & sa section du milieu est marquée D, (*Figure* 16) dont le tranchant supérieur supporte l'œil D F. Pour ajuster parfaitement cette balance (tout le reste étant fixé comme on l'a dit ci-devant) il doit y avoir un long trou comme H *h* (*Figure* 17) pour suspendre les piéces telles que C *c*, qui doivent s'y mouvoir, ensorte qu'elles soient poussées plus près ou plus loin de l'axe de la balance, par le moyen d'un clou à vis P; afin que lorsqu'elles parviennent à être dans une distance exactement égale de cet axe (ce qui ne peut se connoître qu'en y suspendant des bassins ou des poids exactement égaux, ayant égard à l'effet des clous allongés ou raccourcis hors de la boëte par le mouvement de la vis) on puisse arrêter les piéces C *c*, limer les clous à vis, & remplir le reste du trou de chaque côté de la piéce C *c*.

N. B. *Il ne faut pas s'attendre qu'une grande balance soit aussi exacte que l'est une petite balance; parce que le frottement augmente à mesure qu'elle est plus pésante: ensorte que si une balance, dont le fleau & les bassins pésent six onces de Troy, trébuche avec* $\frac{1}{10}$ *d'un grain, on peut dire qu'elle est aussi délicatement ajustée que celle dont on a parlé, du Brigadier* Armstrong, *laquelle pésant* 16 *fois moins, trébuche avec* $\frac{1}{160}$ *d'un grain. De même lorsqu'une balance trébuche avec une petite partie d'un grain, on ne doit pas s'attendre qu'elle le fasse aussi aisément lorsque les bassins seront chargés; car alors ils deviendront moins exacts à proportion que leur poids augmentera.*

La poulie est sujette à un grand frottement par la roideur des cordes, la petitesse des rouës à proportion de leurs chevilles centrales, & leur frottement contre les côtés du bloc ou de la chape où elles se meuvent.

Il faut éviter avec soin, que les poulies qu'on employe dans la bâtisse, ou en quelque endroit que ce soit à terre, ne reçoivent aucune humidité; car autrement les cordes s'entortillent & s'épaississent, de sorte qu'il faut souvent une grande force pour les tirer des chapes dans cet état, même lorsqu'elles ne portent aucun poids; mais lorsqu'on ne peut pas éviter de les mouiller, il faut se servir de cordes gaudronnées comme à la mer.

Pour empêcher les rouës de frotter trop contre les chapes qui les portent, il faut mettre sur les chevilles de chaque côté de la rouë des anneaux minces de cuivre ou de fer d'un diametre beaucoup moindre que celui de la rouë.

Pour diminuer le frottement qui résulte des grandes chevilles lorsqu'on a de grands poids à élever, il faut augmenter considérablement le diametre des rouës, quoiqu'en certains cas la machine en devient trop embarassante, & par conséquent difficile à manier. Mais parce qu'on ne s'imagine pas communément qu'il y ait tant de différence entre les petites & les grandes poulies, pourvû que leur nombre & leur combinaison ne varient pas. Je vais expliquer ce cas en examinant le moyen de trouver la quantité de frottement, & me bornant à dire que selon les expériences & les calculs de M. *Amontons* (Mémoires de l'Académie Royale pour 1699.) Il y a tant de frottement dans les poulies, eû égard à la force requise pour plier les cordes, & pour surmonter le frottement des chevilles, lorsque les rouës sont petites,

que

NOTES sur la III Leçon.

que ſi ſur une poulie fixe de trois pouces de diamétre avec une cheville d'un pouce, on fait paſſer une corde de $1\frac{2}{3}$ pouces de diamétre, qui porte 800 livres à chaque bout, ces deux poids ſe ſoutiendront en équilibre dans ce cas (parce que la poulie ne fait ici que la fonction d'un rouleau) ; mais pour faire que l'un des poids ſoit prépondérant, & qu'il ſurmonte tous les frottemens, en ſorte qu'il emporte l'autre poids, il faudra ajouter $436\frac{2}{3}$ à celui que l'on veut prendre pour la *puiſſance* : mais ſi la poulie avoit eu 24 pouces de diamétre, les diamétres de la corde & de la cheville reſtant les mêmes qu'ils étoient dans la petite poulie, l'addition de 45 livres auroit ſuffi à la puiſſance, pour la mettre en état de mettre le poids en mouvement & de vaincre le frottement. Il eſt donc à propos de conſidérer la quantité de frottement pour ſe bien conduire dans la pratique ; car dans cet exemple, en n'employant ſeulement qu'une roue de poulie de 24 au lieu de 3 pouces de diamétre, la force néceſſaire pour ſurmonter le frottement ſe trouve diminuée de la quantité de $391\frac{3}{4}$ livres ; de ſorte qu'en ajoutant à la puiſſance moins que $\frac{1}{16}$, elle enlevera le poids, tandis que dans l'autre cas, il faut y ajouter plus de la moitié.

Le *Tour* a fort peu de frotement, ſi la roue eſt grande & l'aiſſieu petit ; excepté celui qui réſulte de la corde qui ſe plie autour de l'aiſſieu, ſi l'on employe une grande corde pour élever un grand poids. Mais nous ferons voir comment on peut trouver le frottement de l'aiſſieu quel qu'il ſoit, après que nons aurons parlé du frottement des autres machines en general.

Le plan incliné n'eſt pas ſujet à beaucoup de frottement, ſi le poids qui y roule eſt ſpérique ou cylindrique ; car alors tout le frottement ne réſulte que de ce que le plan n'eſt pas parfaitement dur, en ſorte qu'il cede un peu au corps qui roule, ce qui altére dans cet endroit l'inclinaiſon du plan en le rendant plus eſcarpé, & rendant la ligne de direction un peu inclinée au plan : de même ſi le plan étant dur, le corps cede un peu & change de figure, il doit être élevé à chaque impulſion ou monter par ſecouſſes. Mais ſi le corps qui monte ſur un plan incliné n'eſt pas ſphérique ni cylindrique, mais plat comme une poutre, ou au moins comme un traîneau chargé, alors le plan incliné doit avoir un grand frottement, & nous ferons voir de quelle maniére on doit l'eſtimer.

Le coin a un grand frottement ; car outre tout celui du plan incliné dont on vient de parler, lorſque des corps plats gliſſent l'un ſur l'autre, on doit y ajouter le tiers de la preſſion que le même corps donne de plus au coin qu'au plan incliné, à raiſon de l'obliquité de la traction, le coin n'étant qu'un plan incliné dont la ligne de direction eſt paralléle à la baſe, au lieu d'être paralléle à lhypotenuſe d'un triangle, dont la hauteur eſt l'epaiſſeur du coin.

N. B. *Je ne ferai pas mention ici de la cohéſion du bois ou des corps qui doivent être fendus, parce que la réſiſtance qui de ce côté-là doit être ſurmontée, eſt regardée comme un poids, & par conſéquent attribuée au poids, & non à la puiſſance.*

La vis a un frottement de la meme eſpéce que celui du coin ; mais il eſt

NOTES sur la III. Leçon.

plus grand, parce qu'elle touche tout à la fois dans toutes ſes parties, ce que le coin ne fait pas. *

Planche 11. Figure 11.

La vis plate ou à fil quarré (*Planche* 11. *Figure* 11.) ne repréſentant qu'un ſimple coin qui s'éleve dans la direction H K ou L M, &c. a moins de frottement que la vis à fil tranchant (*Planche* 11. *Figure* 14.); parce que dans celle-ci la ſurface du fil eſt inclinée à la baſe auſſi-bien qu'a l'axe ou arbre de la vis. Mais la vis ſans fin (*Planche* 11. *Figure* 13.) a encore plus de frottement que la vis ordinaire à fil tranchant, parce qu'elle eſt obligée de prendre obliquement les dents de la roue qu'elle pouſſe.

C'eſt pour cela que dans les horloges ou montres de poche, ceux qui veulent changer les roues & pignons en vis ſans fin, doivent être prevenus du grand frottement qu'ils y trouveront, & ils ne doivent pas s'en ſervir à moins que la nature du mouvement ne l'exige, & qu'ils ne gagnent plus par l'altération de la direction du mouvement, qu'ils ne perdent par le frottement.

Pour établir une Théorie du frottement, qui puiſſe nous diriger dans la pratique (afin que nous puiſſions non-ſeulement en eſtimer au juſte la quantité dans chaque machine ſimple, mais trouver encore le frottement de toutes les différentes parties qui forment une machine compoſée, en ſorte que nous ſoyons en état de connoître ce que nous devons attribuer au frottement dans le total de la machine complexe ;) la choſe dépend de tant d'expériences & d'obſervations, que j'ai pris le parti d'examiner cette maniére dans une *Leçon* deſtinée à cette fin (c'eſt-à-dire dans la 4e *Leçon* ſuivante) plûtôt que de m'y attacher ici, ce qui donneroit trop d'étendue à ces notes & en feroit un volume ; d'autant plus qu'il me reſte tant de réfléxions à faire ſur différens articles particuliers de cette 3e *Leçon*, qu'elles ſurpaſſeront de beaucoup la longueur de la *Leçon* même ; à moins que je n'obmette à deſſein certains articles très-importans, dont il ſeroit trop difficile de parler dans les Leçons ſuivantes, que j'ai rendu aſſez aiſées, pour n'exiger que l'attention du Lecteur, ſans aucune connoiſſance préliminaire des Mathématiques.

4. [20 — *Du fleau qui pend librement ſur ſon centre de mouvement, lequel eſt placé un peu au-deſſus de ſon centre de gravité.*] Comme il n'y a que la poſition horizontale du fleau de la balance qui puiſſe nous faire juger du poids des corps comparés par cet inſtrument, nous devons bien prendre garde que le centre du mouvement ou le point de ſuſpenſion du fleau ne ſoit pas dans le centre de gravité, parce qu'alors non-ſeulement le fleau reſtera dans toute poſition donnée (auſſi-bien étant incliné qu'étant horizontal) par L. 2, n°. 26. mais qu'il continuera auſſi dans cette poſition lorſqu'on aura ſuſpendu des poids égaux à ſes extrémités. Pour éclaircir ceci nous examinerons la premiere *Figure* de la *Planche* 14.

* Quoiqu'à parler exactement, le frottement des corps du même poids n'augmente pas à proportion du nombre des parties qui frotent ; cependant la choſe arrive dans le cas preſent, parce que les ſurfaces qui frottent s'appliquent moins exactement raproché l'une à l'autre que dans le coin.

Notes sur la III. Leçon.

Planche 14. Figure 1.

H C *b* D représente la coupe d'un fleau qui a quelque épaiſſeur, lequel étant ſuſpendu par ſon centre de gravité K, reſtera auſſi-bien dans la poſition inclinée A E B F que dans la poſition horizontale : ſi les corps peſans P, W (égaux, ſuppoſé que le fleau ſoit diviſé également dans ſa longueur par le point K, ou réciproquement proportionnels aux *bras*, ſi le fleau eſt diviſé inégalement) ſont ſuſpendus aux extrémités A, B, ils reſteront en *équilibre* dans toutes les inclinaiſons du fleau de quelque grandeur que ſoit le fleau. 1°. Suppoſons le fleau ſi délié qu'il ait peu ou point de poids en comparaiſon des corps, comme la ligne A B, avec ſon centre de gravité en K, il eſt évident que le centre commun de gravité de P & de W qui eſt en G, ne ſera pas éloigné ſenſiblement du point G par l'addition du fleau que l'on ſuppoſe n'avoir que peu ou point de poids, ni par l'écart des corps en *p*, *w*, lorſque le fleau prend l'inclinaiſon *a b*. (Leç. 2, n°. 31, 32, 33.) 2°. Si l'on conſidére le fleau avec tout ſon poids; lorſque dans la ſituation horizontale C D, la partie peſante C B preſſant ſur A B, étant égale & également diſtribuée au-deſſus du fleau & la partie inférieure A D égale à C B étant ſuſpenduë au-deſſous de la même maniére que C B preſſe au-deſſus, le centre de gravité du fleau ne ſera pas à cet égard éloigné du point K; mais le centre commun de gravité des corps P, W, & le fleau ſeront éloignés de G en *g* ſous le centre du mouvement K; donc la balance & les poids reſteront dans cette poſition, puiſque le point K de la ligne de direction eſt ſoutenu (L. 2, n°. 47). Ni les poids (qui dans une balance pendent toujours librement) ne ſeront pas non plus capables d'altérer cette poſition par leur ſuppreſſion, parce que les diſtances A K, B K de leurs lignes de direction au centre du mouvement K, (d'où dépendent leurs vîteſſes) ſeront égales, ou réciproquement proportionnelles à leurs maſſes. (L. 2, n°. 13. & L. 3, n°. 18 & 22). Maintenant ſi le fleau eſt incliné dans la poſition E A F B, nous pouvons encore y conſidérer le fleau délié A B chargé en-deſſus & en-deſſous de deux coins priſmatiques A F B & A E B dont les centres de gravité étant en *m* & *n*, leurs lignes de direction paſſeront par les points *r* & *ſ*, également éloignés du centre du mouvement K, donc ils ſe balanceront mutuellement (n°. 18), & par conſéquent ils n'altéreront pas la poſition inclinée du fleau. Enſuite ſi nous conſidérons les poids *p* & *w* ſuſpendus aux points *a* & *b*, le centre commun de gravité du fleau & des poids ſera toujours en *g*, & les diſtances des lignes de direction des poids devenant à preſent *t* K & *u* K, décroîtront exactement en raiſon réciproque des poids; en ſorte qu'ici il ne ſçauroit y avoir aucun mouvement occaſionné par cette poſition du fleau & des poids, parce qu'il n'y a point de changement de place, dans le centre commun de gravité de toute la balance chargée ou dans la vîteſſe reſpective des poids.

Mais ſi l'on porte en *k* le centre de mouvement ou le point de ſuſpenſion de la balance, un peu au-deſſus du centre de gravité du fleau K, la ligne de direction qui dans la poſition horizontale du fleau eſt *k g*, ſera dans ſa poſition inclinée hors du point de ſuſpenſion, qui alors viendra en *c*, & le centre de gravité ira de *g* en *q*, ce qu'il peut faire en décrivant un petit arc autour du point *c*. Cela réduira le fleau à ſa poſition horizontale,

Notes sur la III. Leçon.

dans laquelle la ligne de direction sera cq, passant par le point de suspension c, & par conséquent *les poids qui étoient en* équilibre *sur une balance dont le centre de mouvement est au-dessus du centre de gravité du fleau, réduira ladite balance de la situation inclinée à la position horizontale.*

Planche 14. Figures 1, 2.

Maintenant en fixant le centre de mouvement du fleau au-dessus du centre de gravité, on doit avoir soin de le fixer au-dessus des points de suspension, comme quelques Auteurs l'ont enseigné, & comme on le fait dans la pratique des balances ordinaires, que l'on peut considérer comme composées de deux leviers, formant un angle obtus en k centre du mouvement, pendant que les points de suspensions A, B sont au-dessous de son niveau dans la ligne AB. Cette balance est en usage pour les destinations communes, parce qu'elle se met plûtôt en équilibre, que si AkB n'étoit qu'une seule ligne; *mais c'est une balance fausse, & les personnes rusées peuvent s'en servir pour tromper à proportion que l'angle* A kB *est plus aigu; sur-tout lorsqu'il n'y a point de piéce perpendiculaire ou languette* C r *(Figure 2. Planche 14.) pour faire voir si la balance est véritablement horizontale; car des poids inégaux peuvent former un* équilibre *sur une telle balance, & on ne le découvrira pas en changeant les bassins*, ce qui pourtant découvre la tromperie dans une balance dont le fleau a les *bras* inégaux (n°. 27.) Par exemple, soit la balance A C B c (dont le centre de gravité est en c, & le centre de mouvement en C, avec les poids égaux P P, suspendus à ses extrémités A B) placée dans une position inclinée $a\,b$; je dis que comme la ligne de direction D d du poids P est portée plus près du centre de mouvement (sçavoir en $q\ \pi$) ledit poids peut être augmenté à proportion que sa distance C u se diminue étant réduite à C q, & il agira avec toute la même force sur son point de suspension : pendant que la ligne de direction du poids opposé P, étant éloignée de D d en $b\ \varpi$, sa distance C o devient C b, & par conséquent P doit être diminué à proportion que sa distance est augmentée; donc dans cette situation de la balance les poids P & P se tiendront en *équilibre*, lorsqu'ils seront en raison réciproque de leurs distances q C & b C ou b C & C a, si la balance est inclinée de l'autre côté dans la ligne $a\,\beta$; & la découverte ne pourra s'en faire que par l'inclinaison visible de la languette vers s ou t. C. Q. F. D.

Plus le centre de gravité du fleau est proche du centre du mouvement, plus la balance sera délicate; parce que le fleau sera plus propre à faire promptement ses vibrations d'un côté à l'autre. Comme par exemple, si $a\,c\,b$ C (*Planche 14. Figure 2.*) est le fleau, & C le centre ou axe du mouvement, la différence entre l'effet d'avoir le centre de gravité en K, ou c, sera la même que si nous comparions les vibrations de deux pendules des longueurs C K & C c, dont les vîtesses dans leurs vibrations sont en raison réciproque sous doublée de leurs longueurs (comme je le ferai voir plus au long lorsque j'en viendrai aux pendules) car le fleau est réellement un pendule.

Expérience *Planche 14. Figure 3.*

Planche 14. Figure 3.

Fixez au fleau AB dont l'axe de mouvement est C un clou à vis K c,

& une balle W qui puiſſe entrer à vis vers l'axe C ou s'en éloigner. Lorſqu'en portant la balle vers W le centre de gravité eſt en K, les vibrations du fleau ſeront plus promptes que lorſque le centre de gravité eſt pouſſé vers k en abaiſſant la balle en w. *Cela peut ſervir dans la pratique pour quelques expériences délicates, parce que par cette invention le centre de gravité peut s'approcher autant que l'on veut du centre du mouvement.*

Notes ſur la III. Leçon.

Planche 14. Figures 3, 4.

N. B. On voit par ce qui a été dit dans la 2e Leçon, que le centre de gravité ne doit jamais être au-deſſus du centre du mouvement.

5. [27 — *Dans tous ces cas nous ſuppoſons que les poids ſont ſuſpendus librement aux extrémités de la balance où ils ſont attachés.*] QUOIQUE dans l'uſage commun de la balance les poids qui ſe contrebalancent, ou les baſſins, pendent pour l'ordinaire librement : cependant il y a certains cas où ils ne le font pas : & dans les machines compoſées, où les balances ſont ſouvent une partie de la machine complexe ; au lieu des poids, les puiſſances ſont appliquées à leurs extrémités dans toutes ſortes de directions, & alors elles deviennent des leviers de la premiere eſpéce ; tels ſont les Régulateurs dans pluſieurs machines hydrauliques, les fleaux pour mouvoir les ſoufflets, &c. Je vais donc examiner les effets des puiſſances appliquées obliquement à une *balance mathématique*, ou à une ligne droite inflexible ; ce qui réſoudra auſſi tous les cas du levier, & pourra (avec les reſtrictions convenables) s'appliquer à toutes ſortes d'inſtrumens méchaniques.

Soit la balance A B (*Planche* 14. *Figure* 4.) de douze pouces de longueur, & diviſée également à ſon centre de mouvement C, qui ſoutienne à ſes extrémités les deux poids égaux W, P, en regardant celui-ci comme la puiſſance. Pendant que la puiſſance tire dans la direction B P, elle agit ſelon toute ſon intenſité (L. 2, n°. 20.) ſa diſtance alors C B = C A diſtance du poids, & les deux diſtances étant meſurées ſur le fleau : mais ſi la puiſſance eſt éloignée vers P, & ſi (ſa corde B x P paſſant ſur ſa poulie x) elle tire obliquement ſelon la ligne B x qui fait avec le fleau l'angle aigu C B F, ou (ce qui revient au même) l'angle obtus C B E (parce qu'on le ſuppoſe ici ſurpaſſer autant l'angle droit que C B F en eſt ſurpaſſé, C B F étant = C B φ) la force de la puiſſance ſera diminuée à proportion que C F ou C φ, diſtance à la ligne de direction de la puiſſance qui agit obliquement, eſt moindre que C B diſtance à la ligne de direction de la puiſſance qui agit directement ou à angles droits ſur le *bras* de la balance C B (n°. 20) ; connoiſſant donc l'intenſité de la puiſſance, laquelle agiſſant à angles droits en B (ou qui étant ſuſpendue librement en B, ſi c'eſt un corps peſant qui repréſente comme ici la puiſſance) tient le poids oppoſé W *en équilibre*, on peut aiſément trouver combien on doit augmenter la puiſſance pour tenir ce poids en équilibre, lorſqu'il tire obliquement ſelon une direction connue, comme par exemple, ſelon la direction repréſentée dans la figure ; ou (ce qui revient au même) combien le poids P attaché en B paſſant ſur la poulie x, doit être plus grand que le poids P, qui pend librement, pour produire le même effet. Menez avec la diſtance C F ou C φ l'arc F f φ, qui coupe C B en f, & vous aurez la quantité de P par cette analogie :

Leçon sur la III. Leçon.

Comme la longueur C f *sur le fleau, qui eſt* 4, 8 *pouces :*
Eſt à C B bras *total du fleau qui eſt ici de* 6 *pouces : :*
Ainſi l'intenſité de la puiſſance ou du poids P, *que l'on ſuppoſe ici de* 40 *livres :*
Eſt à la nouvelle puiſſance, ou poids P, 50 *livres.*

Planche 11. Figure 4.

Par où l'on voit que le poids P ainſi trouvé, conſervera l'*équilibre* avec le poids W qui le contrebalance, s'il eſt ſuſpendu au point *f*, auſſi-bien qu'il le feroit en tirant obliquement ſur la poulie *x*; parce que le moment de W (ou W × A C) étant diviſé par C *f*, donne la quantité du poids P; ou, en d'autres termes, il y aura une proportion réciproque entre les poids W & P, & leurs diſtances C A & C *f* (n°. 13 & L. 2, n°. 9, 12, 13 & 15). Donc C *f* = C φ = C F diſtance de la ligne de direction au centre du mouvement (*laquelle ſe trouve toujours par la longueur d'une perpendiculaire abaiſſée de ce centre à cette ligne de direction*) peut dans tous les cas ſemblables, ſe nommer proprement *la diſtance active de la puiſſance.* Voyez n°. 20.

Autre Méthode.

Par le point *x* pris dans la circonférence de la poulie, ſur laquelle paſſe a corde B *x* P, menez *x* E paralléle à la balance A B qui coupera la ligne de direction perpendiculaire de la puiſſance (ou du poids qui pend librement) P à angles droits en D, D *x* étant = D E, & l'angle *x* B D = D B E par la ſuppoſition. Dans le triangle D B *x* autant que l'hypothenuſe B *x* eſt plus longue que la perpendiculaire B D, autant la quantité ou l'intenſité du poids P (qui étant librement ſuſpendu, tient W *en équilibre*) eſt augmentée lorſqu'il tire obliquement dans une ligne B *x*; c'eſt-à-dire autant P eſt plus grand que P, pour tenir W *en équilibre* en le tirant obliquement. Le même ſeroit vrai ſi *x* étoit placé en E; & par conſéquent on aura toujours cette regle pour eſtimer la force des puiſſances qui tirent obliquement;

Comme le ſinus de l'angle de la traction, qui eſt l'angle de la direction de la puiſſance avec le fleau :
Eſt au ſinus total : :
Ainſi l'intenſité de la puiſſance qui tire le fleau à angles droits :
Eſt à l'intenſité de la puiſſance qui tire obliquement.

N. B. L'angle de traction eſt ici C B *x* ou C B E dont le ſinus commun eſt B D; ainſi dans ce cas B D : B *x* : : P : *p*.

On verra que cette Méthode aura toujours les mêmes conſéquences que la premiere, ſi l'on compare enſemble les deux triangles B *x* D & C B F; car puiſque C F B eſt un angle droit par la ſuppoſition, & C B *x* = B *x* D, à cauſe des paralléles C B & *x* D, B C F ſera égal à *x* B D, & par conſéquent les triangles ſeront ſemblables, ce qui fait voir que C F (48.) : C B (60) : : B D (40) : B *x* (50) : : P : *p*. C. Q. F. D.

On peut encore expliquer cela par une troiſiéme Méthode, en décompoſant la force qui tire obliquement dans la ligne B *x* en deux forces, dont l'une tire le long du levier dans la ligne B C, & l'autre dans la ligne B D, à la maniére de Newton (n°. 85, 86); mais nous examinerons cela dans

le cas de la truſion ou de l'impulſion oblique contre un point du fleau, qui eſt la même que la traction dans un ſens contraire. NOTES ſur la III. Leçon.

On verra l'accord de toutes ces Méthodes dans l'Expérience ſuivante.

EXPE'RIENCE. *Planche* 14. *Figure* 5.

Planche 14. Figure 5.

LA balance ou levier A de 12 pouces de longueur, eſt mobile ſur le centre C du gueridon S, qui a une longue piéce tellement appuyée en S, qu'elle reſte dans une poſition horizontale, de maniére à porter les poulies *x* & E, éloignées chacune de 3 pouces du point D, qui eſt placé perpendiculairement ſous B. Lorſque la puiſſance P de 4 onces égale à W pend librement, elle tient W *en équilibre;* mais ſi l'on fait paſſer la corde PXB ſur la poulie *x* ou E, alors la puiſſance P ſera ſurmontée par W juſqu'à ce qu'on y ſubſtituë le poids P ou *p* de 5 onces, lequel tirant obliquement ſur *x* ou E, tiendra W *en équilibre.* Maintenant on peut obſerver que lorſque P deſcend d'un pouce ou de P en *r*, il fait deſcendre l'extrémité du fleau B ſeulement juſqu'au point *b* dans la ligne horizontale f *e*, & il éleve l'extrémité oppoſée A en *a* précilément auſſi haut au-deſſus de la ligne AB; mais lorſque la puiſſance en P, deſcend d'un pouce, par exemple en *q*, elle tire en bas l'extrémité B vers *β* dans la ligne horizontale *h g*, & par conſéquent elle éleve l'extrémité oppoſée d'autant plus haut, en ſorte qu'elle donne plus de vîteſſe au poids W le portant en *w*, au lieu de W. Maintenant puiſque les puiſſances P & *p* avec la même vîteſſe (ou deſcendant également) donnent à W différens dégrés de vîteſſe, leurs intenſités doivent être différentes en cette proportion, parce que *les cauſes ſont toujours proportionnelles à leurs effet;* donc *p* doit être plus grand que P à meſure que les arcs A *a* & B *β* ſont plus grands que A *a* & B *b*, ou plûtôt à proportion que le ſinus a *o* eſt plus grand que *an.* Cela ſe voit auſſi en obſervant (puiſque B x, *β* x = (= *y x*) + B *y*) que les cordes B P, B *x* P, & *β x p q* ſont toutes égales.

N. B. *Cela n'eſt vrai à la rigueur qu'au commencement du mouvement du fleau, ce qui ſuffit à notre deſſein.*

La ſeule inſpection de la machine fait voir clairement que la puiſſance qui agit à angles droits eſt la plus efficace. Car comme en éloignant la puiſſance de la perpendiculaire, elle tire plus foiblement en E, & qu'en *m* elle ne fait que tirer le centre C dans la directon B *m;* en ſorte qu'elle n'a aucun effet pour élever l'extrémité oppoſée A du fleau; & qu'allant du côté oppoſé, la puiſſance affoiblie en *x* devient tout-à-fait inefficace lorſqu'elle eſt appliquée au fleau pour le tirer dans la direction B C, parce qu'alors elle n'agit que contre le centre C ſans mouvoir en aucune maniére l'extrémité A : il faut donc que la ſituation moyenne de la ligne de direction entre ces deux extrémes inefficaces, ſoit la plus effective; & cette ſituation eſt celle de la ligne B P perpendiculaire au fleau.

C'eſt ſur ce principe que ſont fondés la plûpart des tours de ſoupleſſe des prétendus hommes forts ou Samſons *modernes; les machines dont ils ſe ſervent ſont tellement imaginées, que les chevaux qui tirent ou les poids qui ſont ſuſpendus*

NOTES sur la III. Leçon.

agiſſent ſur les membres de l'homme qui reſiſte (& qui ſont la fonction d'un levier ou d'une balance) de telle maniere qu'ils ſont tirés directement contre le centre du mouvement. Mais j'expliquerai ceci dans un plus grand détail, lorſque je viendrai à parler de ces tours de ſoupleſſe & de force.

Si à l'une des extrémités du levier ou de la balance on attache un poids, qui (ſe mouvant avec cette extrémité du levier) ne pende pas librement pendant que la puiſſance qui agit à l'autre extrémité eſt ou un corps peſant ſuſpendu librement ou une puiſſance animée preſſant perpendiculairement vers la terre; je dis qu'un tel poids fixe variera de force ſelon la poſition du fleau, & que cette force variera d'une façon oppoſée ſelon que le centre de gravité du poids eſt au-deſſus ou au-deſſous du fleau : par exemple, lorſque le centre de gravité du poids fixe eſt au-deſſous du fleau (comme dans la Figure 6.) le poids deviendra plus peſant (ou agira plus fortement) lorſqu'il ſera élevé au-deſſus de la ligne horizontale (comme en G) *dans la ſituation inclinée du levier* D C G; *& il deviendra plus leger lorſqu'il ſera abaiſſé au-deſſous de la ligne horizontale (comme en* E) *dans la ſituation inclinée du levier* A C E; *au contraire, ſi le centre de gravité du poids fixe eſt au-deſſus du levier (comme dans la Figure 7.) il deviendra plus peſant lorſqu'il ſera abaiſſé ſous la ligne horizontale (comme en* K) *dans la ſituation inclinée du levier* A C K; *& il deviendra plus leger lorſqu'il ſera élevé au-deſſus de la ligne horizontale (comme en* E) *dans la ſituation du levier* D C E. *Mais ce poids fixe agira de la même maniére que s'il étoit librement ſuſpendu, lorſque le levier eſt dans la ſituation horizontale, comme en* B F (Figure 6.) & B J (Figure 7.)

Planche 14. Figures 6, 7.

Le premier cas (*Figure 6.*) peut s'expliquer ainſi. Dans la poſition du levier B F la ligne de direction *q* O paſſant par le point de ſuſpenſion *q*, & faiſant un angle droit avec le levier, C *q* eſt la *diſtance active* (*Voyez p.* 150.) du poids auſſi-bien que la diſtance au point de ſuſpenſion; donc comme B C : eſt à C *q* : : ainſi le poids F : à la puiſſance R; de la même maniére que ſi le poids F étoit librement ſuſpendu au point *q*. Mais lorſque le poids eſt élevé en G, & que le centre de gravité O ne peut pas venir ſous le point K (le même que *q*, point de ſuſpenſion dans le levier horizontal) O *r* devient la ligne de direction au lieu de K M, qui auroit été la ligne de direction ſi le poids avoit été ſuſpendu librement en K; donc C *r* eſt la diſtance active du poids au lieu de C M, tandis que la diſtance active de la puiſſance eſt devenuë L C; & par conſéquent le poids a plus de force & ne peut ſe balancer que par une puiſſance plus grande comme P. Car au lieu de C L : C M : : F (ou G) : R, nous avons C L : C *r* : : F (ou G) : P, puiſſance plus grande ou contre-poids plus peſant. Mais ſi le poids eſt porté en E, ſa ligne de direction au lieu de *n* H devient M O, & par conſéquent ſa diſtance active eſt moindre qu'elle ne devroit être à proportion de C Q à la diſtance active de la puiſſance, qui doit donc être diminuée en intenſité, & devenir S au lieu de R.

Par ce qui a été dit, & par l'inſpection de la *Figure 7*, on voit que le contraire doit arriver, lorſque le poids fixe a ſon centre de gravité au-deſſus du levier ou du fleau. Car dans la ſituation du levier E D, la ligne de direction

direction du poids venant trop vîte en avant (& devant O L au lieu de E h) C L la distance active du poids en E a moins de proportion avec C N distance active de la puissance en S, que C *g* à C B leur proportion dans la situation horizontale, & par conséquent la puissance S d'une moindre intensité servira de contre-poids à la place de R. Mais lorsque le poids est abaissé en K, il faut faire usage de P, contre-poids plus grand, parce que C *g* devient la distance active à la place de C *t*, & dans la situation horizontale du fleau, le corps O pese de la même maniére que s'il étoit suspendu librement, parce que O *g* est sa ligne de direction, telle qu'elle auroit été si ce corps avoit été suspendu en *g*. On peut observer cela dans la pratique. Supposons qu'un homme M (*Figure* 8.) éleve du foin, des gerbes de bled, ou un grand fagot A, par le moyen de la fourche A B appuyée sur son genou *c* comme sur un point d'appui, & qu'il pousse en bas, l'extrémité B de la fourche ou levier, si la fourche A passe sous le fagot, ce sera le cas du levier incliné A K (*Figure* 7.) & le fardeau deviendra plus leger à mesure qu'il s'éleve. Mais si la fourche avoit été insinuée dans la ligature au-dessous du fagot, ç'auroit été le cas du levier incliné A E (*Figure* 6.) à l'extrémité duquel le poids devient plus pesant à mesure qu'il s'éleve; & alors si l'homme avoit été précisément capable de commencer à l'élever, il seroit forcé de la laisser retomber ou de trouver un nouvel appui en C pour élever ce poids. Supposons encore que le fleau d'une grande balance soit incliné dans la position A C E; un homme suspendu dans le bassin en H, peut en appuyant fortement sa main en haut contre le fleau, se mettre dans la position du corps pesant H E, & par conséquent paroître moins peser qu'il ne pese effectivement, étant contre-balancé par un poids tel que S. Mais si le bassin où il s'est mis est élevé en sorte que son point de suspension soit en K, dans la position du levier D C K; l'homme en appuyant fortement coutre le fleau au-dessus de sa tête, peut mettre son corps dans une position perpendiculaire au levier, & se trouver avec le bassin dans la position du corps K G; en sorte que s'il y a plus de poids dans le bassin opposé, le poids n'a pas besoin d'être diminué jusqu'à ce que son intensité soit égale au poids de l'homme, mais il commencera à s'élever pendant qu'il est encore plus grand; en sorte que dans ce cas le poids de l'homme paroîtra plus grand qu'il n'est, à proportion que le contre-poids P est plus grand que R. Il arrivera précisément le contraire, si l'homme est placé au-dessus du fleau; car alors il pesera moins, lorsqu'on l'élevera au-dessus de la ligne horizontale qui passe par le centre, comme en E M (*Figure* 7.) & il pesera plus au-dessous de cette ligne, comme en F K. Maintenant quoiqu'on puisse estimer ainsi l'action des corps pesans les uns sur les autres dans la balance & le levier, & dans quelques autres instrumens méchaniques, par la distance de leur ligne de direction au centre du mouvement; cependant cela n'est vrai qu'autant que l'élevation & la chute perpendiculaire s'accorde avec cette distance; car il y a des cas, sur-tout dans le travail des machines composées, où la distance de la ligne de direction du centre du mouvement dans un corps qui s'éleve ou qui tombe, n'est pas proportionnelle à l'élevation ou à la chûte perpendiculaire de ce corps. Ainsi la vîtesse d'une puissance, lorsque c'est un corps pesant, doit être

NOTES la III Leçon.

Planche I. Figure 5.

Notes sur la III. Leçon.

regardée de la même maniére que celle d'un poids, comme on l'a clairement expliqué dans la 8e Note sur la 2e Leçon, & comme on va le prouver encore mieux par l'Expérience suivante.

EXPE'RIENCE. *Planche 14. Figure 9.*

Planche 14. Figure 9.

A C B E K D est une balance qui a la figure d'un parallélogramme, passant par une fente dans la piéce verticale N O, fixée à un piedestal M, en sorte qu'elle soit mobile sur les pointes centrales C & K. Aux piéces verticales A D & B E de cette balance on fixe à angles droits les piéces horizontales F G & H J. Il est évident que les poids égaux P, W doivent se tenir l'un avec l'autre en *équilibre*; mais on ne voit pas d'abord aussi clairement, que si W est porté en V étant suspendu en 6, il sera en équilibre avec le poids P, quoique l'expérience nous l'apprenne.

Bien plus, si l'on suspend successivement W à chacun des points 1, 2, 3, Y 4, 5 ou 6, l'*équilibre* continuera; ou si W étant suspendu à quelqu'un de ces points, on porte P successivement vers G, ou à chacun des points de suspension de la piéce fixe F G, P fera dans tous ces points équilibre avec W. Maintenant lorsque les points sont en P & V, si l'on ajoute au poids V le moindre poids tel que *u* capable de surmonter le frottement des points de suspension C & K, le poids V l'empoortera, & cela de la même maniére étant en V que s'il étoit étoit en W.

On voit très-clairement par ce qui a été dit ci-devant, la raison de cette expérience. Comme les lignes A C & K D, C B & K E continuent toujours d'être de la même longueur dans chaque position de la machine, les pieces A D & B E continueront toujours d'être paralléles l'une à l'autre, & perpendiculaires à l'horizon, de quelque maniére que toute la machine tourne sur les points C & K; comme on le voit en plaçant la balance dans une autre situation, comme *a b e d*: & par conséquent comme les poids appliqués en chaque point des piéces F G & H J, ne peuvent porter en bas les piéces A D & B E que verticalement, de la même maniére que s'ils étoient appliqués aux crochets D & E ou en X & Y, centres de gravité de A D & B E; la force des poids (si leur quantité de matiére est égale) sera égale; parce que leurs vîtesses seront comme leurs élevations ou leurs chûtes perpendiculaires, lesquelles seront toujours comme les lignes égales 5 *x*, & 5 *y*, en quelque point des piéces F G & H J que les poids soient appliqués. Mais si au poids en V on ajoute le petit poids *u*, ces deux poids l'emporteront, parce qu'en ce cas le *moment* est composé de la somme de V & *u* multipliée par la vîtesse commune 5 *y*.

De-là il suit que ce n'est pas la distance C 6 multipliée par le poids V qui fait son *moment*; mais sa vîtesse perpendiculaire 5 *y* multipliée par sa masse. *Ce qu'il falloit démontrer.*

Cela paroîtra encore plus clairement si l'on ôte la pointe en K, car alors le poids P emportera l'autre poids en V, parce que leurs élevations ou chûte perpendiculaires ne seront point égales.

Pour conclure tout ce qui regarde les forces appliquées en différentes directions aux leviers & aux balances, je vais expliquer l'action des forces

obliques par la *compoſition* & *réſolution* du mouvement par la méthode de *Newton*, que j'appliquerai à la ſolution d'une propoſition ſur la balance, dont les Ecrivains en Méchanique n'ont pas fait mention, quoique les gens de métier en ayent ſouvent parlé.

Notes ſur la III. Leçon.

THÉORÉME. *Planche 14. Figure 10.*

Planche 14. Figure 10.

AB eſt une balance, à laquelle on ſuppoſe qu'eſt ſuſpendu à l'une de ſes extrémités B le baſſin E, avec un homme en-dedans, lequel eſt contre-balancé par le poids W, ſuſpendu à l'autre extrémité A de la balance. Je dis *que ſi cet homme avec une canne ou autre corps droit & infléxible, pouſſe en haut contre le fleau en quelque endroit que ce ſoit entre les points C & B, (pourvû qu'il ne pouſſe pas directement contre B) il ſe rendra lui-même par ce moyen plus peſant, ou qu'il emportera le poids W, quoique l'obſtacle G G empêche le baſſin E de s'écarter de C vers G G.* Je dis auſſi, *que ſi le baſſin & l'homme ſont ſuſpendus en D, l'homme en pouſſant en haut contre B, ou en quelque endroit que ce ſoit entre B & D (pourvû qu'il ne pouſſe pas directement contre D) il ſe rendra lui-même plus leger, ou que le poids W l'emportera, quoiqu'auparavant ils ayent été en équilibre.*

Si le centre commun de graviré du baſſin E, & de l'homme qui eſt ſuppoſé s'y tenir droit, étoit en *K*, & que l'homme en apuyant contre une partie du fleau fît mouvoir le baſſin en-dehors, enſorte que le centre commun de gravité fût porté en *x*; alors au lieu de B E, L *l* deviendroit la ligne de direction du poids compoſé, dont l'action ſeroit augmentée en raiſon de L C à B C. C'eſt ce qui a été expliqué par pluſieurs Auteurs en Méchanique; mais aucun, que je ſçache, n'a conſidéré le cas où le baſſin eſt arrêté par un obſtacle, comme ici G G, qui l'empêche de s'écarter en-dehors, & le retient à ſa place, comme ſi les cordes du baſſin étoient devenuës infléxibles. Maintenant pour expliquer ce cas, nous ſuppoſerons que la longueur B D de la moitié du bras B C eſt de trois pieds, la ligne B E de 4 pieds, & que la ligne E D (de 5 pieds) eſt la direction dans laquelle l'homme pouſſe, D F & F E étant reſpectivement égales & paralléles à B F & B D, & la force totale ou abſoluë avec laquelle l'homme pouſſe, égale à (ou capable d'élever) 10 pierres. * Soit la force oblique E D (= 10 pierres) décompoſée en deux autres E F & E B (ou ſon égale F D) dont les directions ſont à angles droits l'une à l'autre, & dont les quantités reſpectives (ou intenſités) ſont comme 6 & 8, parce que E F & B E ſont en cette proportion l'une à l'autre, & à E D. Maintenant puiſque E F eſt paralléle au fleau B D C A, cette force ne l'affecte en aucune maniére pour le faire mouvoir en haut, & par conſéquent il n'y a que la force répréſentée par F D ou de 8 pierres, qui pouſſe le fleau en haut en D. Par la même raiſon, & parce que l'action & la réaction ſont égales, le baſſin ſera pouſſé en bas en E avec la force auſſi de 8 pierres. Donc puiſque la force en E pouſſe le fleau perpendiculairement en bas depuis le point B éloigné de C de toute la longueur du *bras* B C, ſon action en bas ne ſera pas diminuée, mais ſera

* *Pierre* ſignifie ici un poids de 8 livres à Londres.

Notes sur la III. Leçon.

Planche 14. Figure 10.

exprimée par $8 \times BC$: au lieu que l'action en haut contre D sera perduë à moitié, à cause de la distance au centre diminuée de la moitié, & elle ne sera exprimée que par $8 \times \frac{BC}{2}$; & lorsqu'on aura soustrait l'action en haut pour élever le fleau, de l'action en bas pour l'abaisser, il restera encore 4 pierres pour pousser en bas le bassin, parce que $8 \times BC - 8 \times \frac{BC}{2} = 4\,BC$: par conséquent il faudra ajouter un poids de 4 pierres à l'extrémité A, pour rétablir l'*équilibre. Donc un homme* &c. *poussant en haut sous le fleau entre B & D, devient plus pésant.* C. Q F D.

Au contraire si le bassin étoit suspendu en F du point D à trois pieds seulement de distance du centre de mouvement C, & si un obstacle *g g* empêchoit le bassin d'être poussé en-dedans vers C ; alors si un homme dans ce bassin F poussoit obliquement contre B avec la force absoluë précédente ; la force totale par les raisons données ci-devant (en décomposant la force oblique en deux autres forces qui agissent par des lignes perpendiculaires l'une l'autre) sera réduite à 8 pierres, qui poussent le fleau directement en haut en B, pendant que la même force de 8 pierres le tire directement en bas vers F en D. Mais comme C D n'est que la moitié de C B, la force en D comparée avec celle en B, perd la moitié de son action, & par conséquent n'emporte que la force de 4 pierres, pour pousser en haut en B ; donc le poids W en A doit l'emporter, à moins qu'on ne suspende en B un poids de 4 pierres. *Donc un homme*, &c. *poussant en haut sous le fleau entre B & D, devient plus léger.* Ce qu'il falloit aussi démontrer.

SCHOLIE I.

De la connoissant la force absoluë de l'homme qui pousse en haut (c'est-à-dire, toute la force oblique) la place du point de trusion D, & l'angle fait par la direction de la force avec le fleau dans ce point, on peut avoir une régle générale pour connoître quelle force est ajoutée à l'extrémité du fleau B dans toutes les inclinaisons de la direction de la force ou place du point D.

Régle pour le premier cas.

Cherchez d'abord la force perpendiculaire par l'analogie suivante, dont la démonstration est connuë de tous ceux qui sont au fait de l'application des forces obliques.

Comme le sinus total :
Est au sinus droit de l'angle d'inclinaison de la force au fleau ::
Ainsi la force oblique :
Est à la force perpendiculaire.

Ensuite la force perpendiculaire étant multipliée par la longueur du bras B C, moins la diteforce multipliée par la distance D C, donnera la valeur de la force additionnelle en B, ou du poids requis pour rétablir l'*équilibre* en A.

Ou pour l'exprimer en termes algébriques : Soit of l'expreſſion de la force oblique, op celle de la force perpendiculaire, & x la force requiſe, ou la valeur du poids qu'il faut ajouter en A pour tétablir l'*équilibre*.

Note de la III. Leçon.

$DE : DF (= BE) :: of : pf$. Et $pf \times BC - pf \times DC = x$.

Planche 14. Figure 10.

La même régle ſervira pour le ſecond cas, ſi l'on rend négative la quantité trouvée, & ſi l'on ſuſpend en B le poids additionnel. Ou ayant trouvé la valeur de la force perpendiculaire, l'équation deviendra : $-pf \times BC + pf \times DC = -x$; & par conſéquent le poids additionnel doit être ſuſpendu en B, parce que $-x$ en A, eſt le même que $+x$ en B.

SCHOLIE II.

Dela il ſuit auſſi, que ſi dans le premier cas on prend le point de truſion en C, la force en B (ou la force dont la valeur eſt requiſe) ſera la force perpendiculaire totale, parce que CD eſt égal à zero. Et ſi le point D eſt pris en-delà de C vers A, la force perpendiculaire qui pouſſe en haut à ce point, multipliée par BC, ſera ajoutée à la même force multipliée par BC, c'eſt-à-dire $pf \times BC + pf \times DC = x$.

Voici la machine dont je me ſuis ſervi pour prouver cela par expérience. (*Figure* 11.)

Planche 14. Figure 11.

La balance de cuivre AB a 12 pouces de longueur, elle ſe meut ſur le centre C avec une piéce perpendiculaire Bb, ſuſpenduë à l'extrémité B, & mobile autour d'un pivot en B ; elle eſt arrêtée à ſon extrémité inférieure b (par la piéce verticale GG) qui l'empêche de ſortir de la perpendiculaire, en pouſſant le tuyau FE, qui porte un fil de fer en haut, ou une pointe (lorſqu'on la fait entrer dans un autre petit trou ſous le fleau en D) & qui par le moyen du reſſort ſpiral EF preſſe contre la cheville E, pour pouſſer en avant ledit fil de fer bD, deſtiné à pouſſer en haut le fleau avec la force du reſſort EF. TSS eſt un guéridon qui eſt fixé à la colomne TC, laquelle ſoutient la balance, & qui a auſſi une fente SS pour recevoir le pied de la plaque mobile GG, & le fixer dans chaque endroit de la fente par le moyen d'une vis en-deſſous.

EXPE'RIENCE. *Planche* 14. *Figure* 11.

Suſpendez Bb comme dans la *Figure*. Enſuite appliquez tellement EF au point H, que ſon fil de fer ſupérieur bDk puiſſe paſſer par une petite gance en D, de maniére qu'il ne pouſſe pas le fleau en haut, mais qu'il ſoit dans la même poſition où il doit être pour que le poids W étant ſuſpendu en A, ſoit en équilibre avec le bras BC, avec Bb & FE, afin que l'on puiſſe eſtimer l'action contre D & H, indépendamment du poids du tuyau repouſſant.

Enſuite tirant en bas l'extrémité k du fil de fer, on le fera entrer dans un petit trou ſous D, & alors B ſera pouſſé en bas autant que l'exige le poids additionnel P de 4 onces, qui doit être ſuſpendu en A pour rétablir l'*équilibre* ; lorſque BH eſt de 4 pouces, BD 3 pouces, & toute la force du reſſort égale à 10 onces.

NOTES sur la III. Leçon.

Il n'eſt pas néceſſaire d'avertir ici, que pour expliquer le ſecond cas, B*b* doit être ſuſpendu en D, avec la piéce GG, fixée pour l'arrêter dans l'endroit M, & l'empêcher d'être pouſſé vers T, & que l'extrémité ſupérieure de GFEDK doit être inſinuée dans un trou fait ſous B, auquel cas le poids P doit être ſuſpendu en B pour rétablir l'*équilibre*.

Planche 14. Figure 11.

N. B. Pour faire voir par expérience que la force du reſſort dans cette truſion oblique, eſt égale à 10 onces, tirez le fleau AB qui peſe 4 onces, de ſon piedeſtal CT; & ayant ſuſpendu à chaque extrémité A & B, 3 onces, vous le ſoutiendrez ſous ſon centre de gravité par le tuyau repouſſant EH, placé verticalement au-deſſous, & vous trouverez que le fleau avec les deux poids s'enfoncera dans le fil de fer H*k* juſqu'en D, qui eſt le point où la truſion oblique le pouſſe.

6. [29. — *Dans tous ces cas le levier eſt toujours dit de la premiére eſpéce.*] Il y a un autre moyen de diſtinguer les léviers, ſelon *Ariſtote* & ſelon les Écrivains en Méchanique parmi les Anciens, & c'eſt, ſuivant que le poids s'éleve ou ne s'éleve pas dans la même direction que la puiſſance. Par exemple, dans le lévier de la premiére eſpéce, comme il a ſon point d'apui (centre de mouvement, ou *hypomoclion*) entre la puiſſance & le poids, la puiſſance doit ſe mouvoir en bas, pendant que le poids ſe meut en haut, & ce levier ſe nomme par les Auteurs, Levier *Hétérodrome*; c'eſt-à-dire, qui *travaille ou ſe meut de différents côtés*: mais le lévier de la deuxiéme, auſſi-bien que celui de la troiſiéme eſpéce, ſe nomment tous deux Léviers *Homodromes*, parce que la puiſſance & le poids étant du même côté de l'*Hypomochlion*, ou point d'apui, ils vont du même côté, quoique dans l'un la puiſſance gagne toujours, & que dans l'autre elle perde toujours.

Planche 14. Figures 12. 13. & 14.

Si nous examinons les inſtruments qui ſont le plus en uſage, nous verrons clairement que ce ſont des leviers de l'une des trois eſpéces. Par exemple, les tenailles (*Figuee* 12.) ſont compoſées de deux léviers de la premiére eſpéce, dont le centre de mouvement commun eſt au clou C, la puiſſance étant appliquée aux manches B*b* pour les preſſer l'un contre l'autre, & pincer par ce moyen le corps D, qui eſt comme le poids à l'extrémité oppoſée A*a*. Dans ce cas la puiſſance a ſix fois plus de force que ſi elle étoit appliquée directement au corps D en A, *a*; ſuppoſé que dans les deux léviers AB & *ab*, la diſtance de la puiſſance BC & *b*C ſoit triple de la diſtance CA & C*a* du poids. Ainſi les ciſeaux ſont compoſés de deux léviers ſemblables, dont le centre de mouvement commun eſt C, la puiſſance étant appliquée en B*b* (*Figure* 13.) & le corps qui doit être coupé étant comme un poids en D; par où l'on voit évidemment que plus D eſt proche des points A, *a*, plus la difficulté de le couper eſt grande, & qu'elle eſt toujours moindre à meſure que D s'approche de C. La force d'un tel lévier eſt remarquable dans les ciſeaux des Chaudronniers ou des Taillandiers en fer-blanc, (*Figure* 14.) où un homme appuyant ſur le manche B qui fait monter la tenaille inférieure AC mobile ſur le centre C, a la force de couper un morceau de cuivre D d'un quart de pouce d'épaiſſeur, l'autre tenaille *a*CE étant rivée ſur deux fortes piéces fixées au bloc F. Les pin-

cettes, mouchettes, & autres instruments semblables se trouvent aussi de la même maniére être des leviers de la premiére espéce.

Notes sur la III. Leçon.

La petite charréte B C A (*Figure* 15.) fort utile à la bâtisse, est aussi un lévier de la premiére espéce : elle est destinée à élever de grandes pierres, & à les porter aux Mâçons. Sur l'extrémité avancée de la planche A, on place une pierre D, & avec un peu de peine, en pliant la planche, on la meut vers C ; alors la force d'un homme qui saisit le long manche en B, & qui le soutient pendant qu'il tourne autour de l'aissieu E F des roues, est capable d'élever cette pierre, & lorsqu'elle est élevée, de la porter par le moyen des roues au lieu destiné.

Planche 14. Figures 15. 16. 17. & 18.

Le couteau (*Figure* 16.) dont les Droguistes & Faiseurs de patins se servent pour couper leurs drogues ou le bois dont ils se servent, est mobile à la charniére ou centre de mouvement C, où il est attaché à la planche C E ; la puissance est appliquée au manche B, & le bois ou la drogue qu'il faut couper, est comme le poids D : cela fait voir que cet instrument est un levier de la deuxiéme espéce.

(30.) Telle est aussi une porte dont les gonds sont le centre ou l'axe du mouvement, la main ou la puissance étant appliquée à la partie qui est auprès de la ferrure, pendant que le corps de la porte est le poids du levier. Les soufflets sont deux leviers de la seconde espéce, dont le centre commun du mouvement est à l'extrémité des planches où commence la noix, la puissance étant appliquée aux manches, pendant qu'il doit être pressé entre les deux planches, agit par sa résistance contre le milieu des planches comme un poids. Ainsi l'on peut aisément s'appercevoir que le loquet d'une porte, que l'on tire en haut par une corde, est un levier de la seconde espéce ; tels sont aussi les casse-noisettes, les mourailles avec quoi on serre le nez des chevaux, &c. Les avirons ou rames d'un batteau ou d'une galére, & le gouvernail d'un navire, sont aussi des leviers de la seconde espéce, quoique *Aristote* les ait supposés de la premiére ; mais l'erreur vient de ce qu'il a regardé l'eau comme un poids à mouvoir ; au lieu que c'est le batteau ou la galére qui est le poids qui doit être mû ; car l'eau forme une résistance en C (*Figures* 17. & 18.) comme un point d'*apui*, l'homme ou la puissance agissant en B, pendant que le bâtiment F D se meut par la partie du levier qui presse sur lui au point D, comme la rame dans la *Figure* 17, & le gouvernail dans la *Figure* 18. Mais *Aristote* dans sa *Méchanique*, regarde avec raison les mats des vaisseaux comme des leviers de la seconde espéce, déterminant le *point d'apui* ou *hypomochlion* au fond du vaisseau B, (*Planche* 15. *Figure* 1.) considérant le vaisseau lui-même comme le poids ou la charge avec son tillac ou pont sur le mât comme sur un levier, & qui doit être mû en avant. Ensuite il ajoute, que la force mouvante est le vent qui frape la voile, laquelle par le moyen de la vergue, est appliquée en A, & alors il donne la raison par les principes établis jusqu'ici, pour laquelle plus la vergue D A E est élevée, plus le vaisseau va vîte avec le même vent & la même voile ; *sçavoir*, parce que plus l'*apui* est éloigné de la force mouvante, (tout le reste étant en même-tems égal) plus il sera aisé à la même force ou puissance de mouvoir le poids.

Un même instrument, selon ses différentes applications, peut devenir un levier de la premiére ou de la seconde espéce : Par exemple lorsqu'un homme

NOTES sur la III. Leçon.

qui a porté une pierre sur une charréte, vient à la décharger dans le lieu destiné, ensorte qu'elle se repose sur son côté E, il apuye l'extrémité de la planche sur le terrein en E ; & élevant l'extrémité B en haut, il fait tourner la pierre sens-dessus-dessous ; cette opération change le lévier de la premiére espéce en un levier de la seconde, dans lequel E est le point d'*apui*, B la puissance, & le poids est en A.

Planche 14. Figure 15.

Les ciseaux à tondre (*Planche* 15. *Figure* 2.) sont deux léviers de la troisiéme espéce, le centre commun du mouvement étant dans l'anneau à ressort C, pendant que la puissance ou la main est appliquée en P *p*, & le poil à couper est comme le poids en W. Ainsi les deux jambes d'une paire de pincettes sont visiblement des leviers de la troisiéme espéce. Une échelle ou une perche que l'on dresse contre une muraille, sont aussi des léviers de la troisiéme espéce. Mais l'usage des leviers de cette espéce paroît d'une maniére beaucoup plus admirable dans le corps d'un animal, où le Créateur infiniment sage a fourni aux animaux tous les moyens de mouvoir leurs membres avec une grande vîtesse, en appliquant la puissance des muscles fort près du centre du mouvement, & donnant en même-tems aux muscles une fort grande force, pour faire leurs fonctions très-subitement, & pour élever leurs membres même avec de grands poids suspendus à leurs extrémités ; comme par exemple, lorsque nous élevons des poids avec nos mains ou avec nos pieds, ou lorsque nous tenons ou que nous brisons des corps durs avec nos dens. A peine y a-t'il un os dans le corps d'un animal, qui ne soit un lévier de la troisiéme espéce. C'est une spéculation agréable & curieuse, de considérer la proportion qui est observée dans le corps d'un animal comme dans une machine que les Arts ne copient que foiblement.

Planche 15. Figure 2.

On peut y voir différentes applications des puissances, qui se soutiennent mutuellement pour mouvoir les membres, qui agissent quelquefois de concert dans un même-tems, qui se succédent quelquefois l'une à l'autre pour changer de directions, & qui agissent quelquefois l'une contre l'autre pour arrêter & éteindre le mouvement ; dans d'autres tems elles tirent sur des poulies pour changer l'angle de traction, selon que la nécessité l'exige. Mais ce sujet est si abondant, que je ne puis en donner ici qu'un ou deux exemples, renvoyant les Curieux à *Alphonse Borelli*, qui a écrit un Livre entier sur cette matiére (*de motu animalium*) & de qui je n'emprunterai que quelques Propositions. Voici la vingt-&-uniéme de son *premier Livre.*

PROPOSITION XXI. *Planche* 15. *Figure* 3. & 4.

» *La puissance absoluë de chaque muscle d'un animal, doit être nécessairement* » *plus grande que le poids du membre qui y est suspendu; mais elle ne peut pas être* » *moindre.*

» La nature infiniment sage, a tellement construit le corps des animaux, » composés de différents organes joints ensemble, qu'elle les a rendu capables » de se mouvoir d'un lieu à un autre, & de former les différentes opérations » requises pour la conservation de leur vie. Mais cela ne sçauroit se faire en » donnant à un animal une figure orbiculaire comme celle d'une balle, & » il étoit à propos qu'il fût composé de différentes articulations, comme les mains

» mains & les pieds, pour marcher & saisir les objets. Or ces membres n'auroient pas pû se mouvoir autour de leurs jointures, s'ils n'avoient pas été tirés par des cordes musculaires, & ces cordes devoient être resserrées par une force mouvante. Il est question de faire voir que la force mouvante ne doit pas être moindre, mais qu'elle doit être nécessairement plus grande que le poids & la résistance des membres suspendus. Considérons un membre, par exemple, le bras entier; il est clair qu'il étoit » nécessaire à ce membre qu'il pût se mouvoir de tous les côtés autour de la » jointure de l'épaule, pour être en état de tirer, de suspendre & de pousser » les résistances tant du poids du bras même, que des corps extérieurs qu'il » doit saisir: ces opérations demandent une figure particuliére des forces & » des instruments convenables, & tous propres à ce dessein. La figure sans » doute doit être longue comme un levier mobile autour d'un centre, d'un » point fixe ou d'un *apui* solide dans l'épaule. Dans ce levier on doit considérer » les positions où la force mouvante & la résistance sont appliquées. La puissance mouvante agit en resserrant les cordes musculaires, qui ne peuvent » être attachées qu'auprès du centre du mouvement du levier, comme on » l'a dit ci-devant, * pendant que la résistance est appliquée à l'extrémité de

NOTES sur la III. Leçon.

* Notre ingénieux Auteur dans sa vingtiéme Proposition, a fait voir qu'il est à propos que les tendons qui font mouvoir les os, soient attachés auprès de l'extrémité de l'os (à une grande distance du centre du mouvement, comme nous tâchons de le faire dans les instruments méchaniques) mais auprès de l'articulation ou de la jointure. Voici ses paroles: » Planche 15. Figure 3. soient » deux os A B & G F joints & articulés en » A F, & de maniére que A B soit tiré » autour de C, centre de l'articulation, » comme les deux os du bras; & soit le » muscle D E attaché à G, extrémité fixe » de l'épaule en G, & que son extrémité » soit jointe en E, extrémité de l'os inférieur du bras ou du coude A B; laquelle » extrémité doit être tirée autour du centre » C de l'articulation, décrivant l'arc B H; » je dis que la nature ne peut ni ne doit pas » attacher l'extrémité tendineuse E auprès » de l'extrémité B de l'os A B. Car si elle » le pouvoit, supposons que la liaison E » soit faite auprès de B où est le poignet, » alors le tendon & le muscle D E est ou » détaché du membre & des os D A B, » pouvant s'en séparer, ou il lui est attaché » en bas par quelque ligament ou *faisceau* » comme R. S'il en est détaché, voici ce » qui s'ensuivra: Comme l'os A B ne peut » pas se tourner en haut entiérement dans » la situation A H, sans être tiré par la » contraction de la corde musculaire D E, » auquel cas sa longueur D E pour être » réduite à D M, doit devenir moindre que » la huitiéme partie de D E, laquelle contraction dans le bras seroit d'environ un » pied & demi, ce qui seroit non-seulement » embarassant, mais encore impossible. Cela » seroit embarassant, parce que la largeur & » l'épaisseur du bras seroit beaucoup augmentée pour contenir les dimensions de » C M, égal à C E, ensorte que le bras par » cette seule raison deviendroit aussi gros que » le ventre de l'animal, & cette grosseur » monstrueuse, empêcheroit le reste des » mouvements du bras & de l'animal. De » plus comme la structure d'un muscle est » telle qu'il ne peut se resserrer que fort peu, » rarement au-delà la largeur de deux ou » trois doigts, une telle fixation du muscle » qui exige une contraction si prodigieuse » (sçavoir d'un pied & demi) seroit d'ailleurs impossible. Mais l'absurdité d'une » telle position paroîtra plus évidemment, » si l'on suppose que l'os A B est l'*humerus* » (ou l'os supérieur) du bras gauche, qui » doit être mû de tous les côtés autour de la » jointure C de l'épaule, afin qu'il puisse » être amené à sa poitrine, il est clair qu'il » doit être tiré par le muscle E D, fixé en D, » côté droit de la poitrine. Il faut encore » qu'il y ait un autre muscle pour l'élever, » & qui soit fixé au sommet de la tête, & » celui qui doit l'abaisser aura son origine » dans la partie inférieure du ventre; ces » muscles avec ceux du bras droit demandoient un grand espace enflé comme un

Planche Figure 3.

Notes sur la III. Leçon.

» sa longueur la plus éloignée ; donc la *puissance : sera toujours à la résistance : : comme la plus grande distance de la résistance : est à la moindre distance de la puissance au même point fixe.* Et par conséquent la puissance mouvante est plus grande que la résistance.

» PROPOSITION XXII.

» *La première recherche de la force absoluë apparente, qui peut se développer par les deux muscles, nommés le* Biceps *& le* Brachiæus, *qui bandent le coude (ou l'os inférieur du bras) lorsque tout le bras est dans une situation renversée & horizontale ; c'est que cette force est plus grande que vingt fois le poids qu'ils soutiennent, & qu'elle surpasse la force d'un poids de 560 livres.*

Planche 15. Figure 4.

» Soit l'*humerus* E A, & l'avant bras avec la main A B, presqee dans une ligne droite & horizontale, mais renversée, (c'est-à-dire, avec le coude en bas) & que la corde G B soit roulée autour des extrémités des doigts de la main étenduë G, à laquelle corde en G est suspendu le poids R, qu'il faut augmenter par dégrés, jusqu'à ce que l'excès de la puissance mouvante des muscles D C, devienne entiérement insensible, & qu'ils ne puissent plus soutenir de poids plus grand que R, mais qu'ils soient seulement capables de le soutenir avec une force égale ; alors on peut juger que les *moments* des puissances du muscle & du poids, sont entiérement égaux, aucune de ces forces ne surmontant l'autre. Or l'expérience nous apprend que dans un jeune homme robuste, le poids R n'excéde pas 26 livres, auquel il faut ajouter tout le poids de l'avant-bras & de la main, qui valent à peu-près 4 livres, & ce poids n'agit pas à l'extrémité du levier comme en B, mas dans un point moyen H, qui est au centre de gravité. Donc si l'on suspend un autre poids de 2 livres en B, qui ait la même proportion au poids de tout l'avant-bras, que la distance O H à O B, nous aurons pour notre levier une ligne indivisible & sans pésanteur, à l'extrémité de laquelle B sont suspendus deux poids, sçavoir R & le poids de l'avant-bras, qui sont en tout 28 livres ; & de plus, à cause que la direction C D du tendon du muscle qui tire le poids, fait un angle fort aigu avec la ligne C O, parce que le tendon du muscle touche exactement la tête de la jointure A, il faut du point fixe ou *apui* O, tirer la droite O J perpendiculaire à C J, direction du tendon, & alors par les principes déja démontrés, on verra que la *puissance qui tire le muscle* D C : *a la même proportion à la résistance du poids* R *joint au poids additionnel dont on vient de parler : : que la distance* O B : *à la distance* J O. Mais par un examen rigoureux, on sçait que O B, longueur de l'avant-bras & de la main, surpasse plus de vingt fois le demi-diametre de J O, tête de l'os. Donc la force & la puissance qui tire le muscle D C, est environ vingt fois plus grande que le poids R avec son poids additionnel ; & puisque ces deux poids valent 28 livres, il paroît que la force avec laquelle le

» grand tonneau ; & la même chose seroit » requise pour les muscles du pied ; ce qui » rendroit un homme si éloigné d'être bien » fait & bien articulé, que ce seroit au » contraire une masse lourde & ridicule, peu » propre au mouvement & à manier les » corps ; ainsi cette forme doit être entiérement rejettée.

» muſcle tire l'avant-bras, & fait effort pour bander le coude, eſt plus » grande que celle de 560 livres.

Notes ſur la III. Leçon.

PROPOSITION XXIII.

» *Trouver la force que le muſcle précédent exerce lorſque* l'humerus *ou la* » *partie ſupérieure du bras eſt perpendiculaire à l'horizon, & que* l'avant-bras » *eſt paralléle à l'horizon.* Planche 15. Figure 5.

» Soit en ſecond lieu E A l'*humerus*, & A B l'*avant-bras* à angles droits » l'un avec l'autre, l'*humerus* étant perpendiculaire, & l'*avant-bras* toujours » horizontal. Dans cette poſition la longueur du levier A B reſte toujours » la même, & le même muſcle D C ſoutient à l'extrémité B un grand poids » de 33 livres (comme on le ſçait par expérience); mais comme l'angle » J C O formé par le tendon & l'os O C, eſt moins aigu que dans la pré- » cédente ſituation horizontale des mêmes deux os, parce que lorſque » l'*humerus* E A eſt bandé vers l'*avant-bras* A B, le tendon du muſcle D C » adhérant à l'humerus, eſt auſſi bandé; cependant l'angle J C O ne devient » pas un angle droit, parce que le tendon en J eſt fortement attaché par » des *faiſceaux* membraneux, & par la peau extérieure, ces ligaments ſer- » vants comme de poulie pour conſerver au tendon vers A l'angle de la join- » ture; mais le tendon J C n'eſt pas joint ſi étroitement en J, qu'il ne » s'éleve un peu, & par conſéquent la ligne droite O J perpendiculaire à » la direction du tendon C J, devient ſenſiblement plus longue que dans le » cas précédent, comme nous pouvons le voir en maniant notre bras: & » par conſéquent la diſtance O B aura moins de proportion à J O, qu'on ne » l'avoit trouvé dans la premiére ſituation. Mais quelle proportion qu'ayent » ces diſtances, elle ſera la même réciproquement, que celle de la force » qui reſſerre le muſcle D C, & qui tire l'os avec la réſiſtance du poids R » & du poids de l'*avant-bras* joints enſemble: Donc cette force aura moins » de proportion à cette réſiſtance, que celle de 20 à 1; & puiſqu'on a vû » par la recherche précédente, que la plus grande force des muſcles *Biceps* » & *Brachiæus* étoit égale à celle de 560 livres, on verra (par la recher- » che préſente, où le grand poids R eſt de 33 livres, & en y joignant le » poids de l'avant-bras, le tout eſt de 35 livres) que la diſtance O J n'eſt » que la ſoixantiéme partie de celle O B, & non pas la vingtiéme, comme » auparavant, & que par conſéquent la diſtance J O étant ſenſiblement » augmentée, il s'enſuit que ces muſcles peuvent élever un plus grand poids, » ſçavoir de 35 livres.

Planche 15. Figure 5.

» On doit ici obſerver que quoique (par la raiſon que le membre E A B » eſt bandé,) les muſcles ne ſont pas étendus comme auparavant, mais qu'ils » doivent être un peu relâchés; cependant la force mouvante de chaque » muſcle a moins de force de contraction, parce que réellement les muſcles » D C ne ſont pas tous deux fixés au ſommet de l'*humerus*; car le *biceps* » eſt attaché à l'épaule ou à l'os de l'épaule H L E en L, & le *brachiæus* » au milieu de l'*humerus*. Et parce que l'épaule H E L eſt toujours dans » la même ſituation tranſverſale, l'*humerus* E A roulant autour du centre » E de ſon articulation, doit rendre l'angle I E O avec le *ſcapula* moins

Notes sur la III. Leçon.

„ aigu à mesure que l'humerus est plié en bas, & alors l'origine D du muscle
„ *biceps* est plus élevée, & s'éloigne plus du sommet de E, tête de l'os,
„ parce que la longueur de la ligne L D J, soutendante de l'angle L E O,
„ est augmentée, & par conséquent ce muscle est d'autant plus étendu à
„ mesure que l'*humerus* est plié en bas. Donc quoiqu'à raison de l'angle
„ E O B, le muscle *brachiæus* soit relâché; cependant le *biceps* en sera d'au-
„ tant plus étendu, à raison de l'élevation du point D sur la tête de l'*humerus*.

„ PROPOSITION XXIV.

Planche 15. Figure 6.

„ *Par-là on peut trouver séparément avec vraisemblance les forces absoluës*
„ *du muscle* biceps, *qui équivaut à* 300 *livres*, *& du* brachiæus, *qui est*
„ *égal à la force de* 260 *livres*. Planche 15. Figure 6.

„ Soit l'*humerus* O E plié en arriére pour faire l'angle H E O aussi aigu
„ qu'il est possible, & soit de même l'*avant-bras* A B tellement plié, qu'il
„ devienne parallèle à la ligne supérieure du *scapula* H L; alors les angles aigus
„ alternes H D J & C J D seront égaux entr'eux; & autant que le muscle
„ *biceps* D J C est relâché à cause de la petitesse de l'angle concave C O E,
„ autant est-il tiré & étendu à cause de l'angle convexe H D O: donc la
„ tension naturelle du muscle *biceps* n'est en aucune façon altérée, & elle
„ reste exactement de la même longueur que si le bras étoit dans une situa-
„ tion horizontale; & comme il ne souffre point de rélaxation, il doit avoir
„ la même force pour se resserrer lui-même, qu'il a dans la position horizon-
„ tale. Mais le muscle *brachiæus* n'a pas le même avantage, son origine
„ étant au milieu de l'humerus en F, & son extrémité ou insertion en J,
„ auprès de la tête de l'*avant-bras*, & parce que l'angle E O C est aigu,
„ le muscle *brachiæus* doit souffrir la plus grande rélaxation, & par con-
„ séquent avoir peu ou point de force mouvante. On peut donc en ce cas
„ trouver la force mouvante du *biceps* seul; (c'est-à-dire, supposé que la
„ distance O J du tendon au centre de la tête de l'*avant-bras*, ne varie pas.)
„ Supposons donc que le poids R soutenu dans cette situation, joint au poids
„ de l'*avant-bras*, soit de 25 livres, puisque la distance J O est presque la
„ douziéme partie du *radius* & de la main, B O, la force absoluë du muscle
„ *biceps* sera douze fois plus grande que le poids suspendu R joint au poids
„ de l'avant-bras; c'est-à-dire, qu'elle sera égale à une force de 300 livres,
„ lorsque le *brachiæus* ne fait point de force à raison de sa grande rélaxation.
„ Ensuite puisque les forces réunies des deux muscles, le *biceps* & le *bra-*
„ *chiæus*, agissant ensemble dans la premiére expérience, sont égales à une
„ force de 560 livres; si l'on ôte de cette force celle du *biceps* seul, qu'on
„ vient de trouver de 300 livres, la force restante de 260 livres, sera celle
„ de muscle *brachiæus*, & c'est ce qu'il falloit trouver.

„ PROPOSITION XXV.

„ *Trouver quelle force les mêmes muscles font, lorsque* l'avant-bras *pend en*

„ *bas, pendant qu'on tient* l'humerus *perpendiculaire à l'horizon.* Planche 15. Figure 7.

NOTES sur la III. Leçon.

Planche 15. Figure 7.

„ Soit maintenant l'*humerus* E A, & l'*avant-bras* A B dans une ligne „ droite perpendiculaire à l'horizon; le plus grand poids que l'on puiſſe ſuſ- „ pendre en B, ſeroit preſque immenſe, ſi la force & la tenacité des liga- „ ments pouvoit toujours réſiſter, & ſi elle étoit entiérement inſurmontable. „ Si enſuite on fléchit un peu l'*avant-bras*, enſorte qu'il faſſe un angle obtus „ E A B avec l'*humerus*, qui eſt maintenant perpendiculaire à l'horizon, & „ un angle aigu B A K avec la ligne horizontale O K, alors certainement „ le grand poids R ſera beaucoup augmenté, parce que ſi du point B on „ mene la ligne B K perpendiculaire à la ligne horizontale A K, le poids „ R qui tire le levier A B obliquement, agira de la même maniére que s'il „ avoit été ſuſpendu au point K du levier O K; & par conſéquent nous aurons „ un nouveau levier O K plus court que O B : mais la force du muſcle qui „ éleve le levier, tire du point J, & a pour diſtance de ſa ligne de direction, „ J O. Donc la force abſoluë qui reſſerre le muſcle (& qui eſt toujours la „ même) a la même proportion à la réſiſtance du poids R, que K O à J O. „ Donc ſi K O n'eſt que double de O J, le poids R, qui eſt ſoutenu dans „ cette poſition, ſera la moitié de toute la force mouvante, & par conſé- „ quent égal à 280 livres; & ſi la diſtance O K étoit moindre que O J, „ alors le poids R ſeroit auſſi plus grand que la force mouvante de ces muſ- „ cles.

„ Delà on peut auſſi conclure, que dans la fléxion ou élevation de l'*avant-* „ *bras*, l'effet de la même force qui tire le muſcle, diminue continuelle- „ ment, parce que la longueur du levier O K augmente ſucceſſivement, & „ par conſéquent le poids R doit être diminué de la même maniére.

PROPOSITION XXVI.

„ *Trouver la force des mêmes muſcles, lorſque le bras eſt placé dans une* „ *ſituation horizontale renverſée.* Planche 15. Figure 8.

Planche 15. Figure 8.

„ La force des muſcles qui plient l'*avant-bras*, peut agir d'une autre „ maniére; ſçavoir, lorſque l'*avant-bras* A B étant dans une ſituation hori- „ zontale renverſée, doit ſe fléchir en bas vers G par les muſcles D C, „ qui ſont maintenant ſous l'*avant-bras*; car la corde B L G paſſant ſur la „ poulie ou roue M L, mobile autour de l'aiſſieu fixe M, il eſt évident que „ pendant que la main B deſcend, le poids R monte, A B étant le levier „ dont l'*apui* eſt O, & le poids R tirant l'extrémité B du levier en haut vers „ L, la puiſſance des muſcles D C tire en bas le levier A B de J vers D. „ Et par conſéquent ce qu'on a dit ci-devant, ſe vérifiera encore ici, avec „ cette ſeule différence, que dans le premier cas l'extrémité B étoit tirée „ en bas, non-ſeulement par la réſiſtance du poids R, mais encore par le „ poids de tout l'avant-bras & de la main; & qu'au contraire, ici le poids „ de l'avant-bras n'agit pas contre la puiſſance des muſcles, mais il la favo-

Leçon sur la III. Leçon.

„ rise pour l'aider à tirer, parce que comme dans cette situation les muscles „ tirent en bas l'*avant-bras*, ainsi l'*avant-bras* pousse aussi en bas par sa „ pésanteur, & ces deux puissances prises ensemble ont un *moment* égal à „ celui du poids R. Or comme dans le premier cas le poids de l'*avant-bras* „ a été ajouté à la résistance du corps pésant R, ainsi est-il ajouté a la „ puissance des muscles dans celui-ci ; & puisqu'on a fait voir que la plus „ grande puissance des muscles D C étoit égale à celle de 560 livres (par la „ vingt-deuxiéme Proposition citée ci-devant) il suit que si le levier A B „ n'avoit aucune pesanteur, ayant trouvé que la distance O B est vingt fois „ celle O J, le poids R doit être de 28 livres ; mais parce que 2 livres „ ajoutées à R sont en *équilibre* avec le poids de l'*avant-bras* A B (c'est-à- „ dire, qu'elles en font comme un levier sans pesanteur) il s'ensuit que le „ poids avec cette addition faisant trente livres, sera le plus grand poids „ que la force des muscles puisse soutenir dans cette situation. On peut „ prouver cela d'une autre maniére ; car le poids de l'*avant-bras* qui descend „ étant comme deux livres suspendues en B, & agissant également avec „ une force de 40 livres qui le tire appliquée en J (à cause de la propor- „ tion réciproque de 20 à 1) la force de la puissance D C J sera de 560 „ livres ; donc cette force jointe au *moment* de l'*avant-bras* qui agit avec „ elle, produira un effet égal à tout le poids de 600 livres.

Planche 15. Figure 8.

Mais ce qui paroît le plus merveilleux, c'est la force des muscles qui font mouvoir la machine inférieure, que Borelli examine dans la quatre-vingt-septiéme & quatre-vingt-huitiéme Proposition de la premiere Partie de son Livre, où il fait voir que ces petits muscles, qui, pris ensemble, n'excedent pas dans un homme le poids d'une livre, agissent pourtant avec une force égale à 534; & dans les mâtins, les loups, les éléphants, & les lions, ils ont une force de beaucoup supérieure, laquelle les met en état de briser de gros ossements, comme ils le font journellement en prenant leur nourriture.

7. [35. — *Et si le bras* C W *est placé en ligne droite avec* P C, &c. *On verra clairement que l'instrument est un levier de la premiére espéce.*]

Quoique le levier recourbé ne soit pas un instrument d'un usage commun, excepté dans le marteau & autres outils de cette espece, cependant il est très-nécessaire d'y faire attention, pour expliquer différentes machines qui contiennent virtuellement un tel levier, surtout dans les Propositions de statique, dont nous allons donner ici quelques exemples. On peut clairement expliquer par ce moyen les cas du *plan incliné* & du coin. (n°. 48, 49, 50, 51, 52.) Par exemple, lorsque le poids P (*Planche* 10. *Figure* 14.) soutient le poids W dans le plan incliné A B, en tirant le centre du poids dans la ligne M W paralléle au plan, on peut considérer dans ce poids le *levier recourbé* W T *n*, dont le plus long *bras* est W T, & le plus court T *n*. Or, comme le ligne de direction de la puissance est M W paralléle au plan, la ligne T W menée à angles droits sur cette direction, sera la distance de la puissance ; & comme W *n* est la ligne de direction du poids, *n* T sa perpendiculaire sera la distance du poids ; donc *comme n* T (*bras le plus court du levier recourbé*) : *est à* W T (*son plus long bras*) :: *ainsi la puissance* P : *est au poids* W. Or *comme les triangles*

Planche 10. Figure 14.

W T *n* & A B C *ſont ſemblables, la puiſſance ainſi conſidérée : eſt au poids :: comme* B C *hauteur du plan : eſt à ſa longueur* A B ; ce qui avoit déja été prouvé. (n°. 49.) Mais ſi la puiſſance avoit tiré le poids par une ligne paralléle à la baſe du plan, qui eſt le cas du coin, on expliqueroit ſon action en cette maniére : La puiſſance agiſſant obliquement à l'extrémité du long bras du levier recourbé W T *n*, on doit trouver ſa *diſtance active* en menant du centre du mouvement T, la ligne T *o* perpendiculaire à la ligne de direction de la puiſſance, que l'on doit maintenant conſiderer comme le long *bras* du levier, pendant que *n* T eſt toujours le petit bras, & agit par le poids à angles droits. On trouvera donc la quantité ou intenſité du poids Π par cette analogie.

Notes ſur la III Leçon.

Planche 10. Figure 14.

Comme le long bras du levier, qui eſt maintenant T *o :*
Eſt au petit bras T *n : :*
Ainſi W *le poids :*
Eſt à Π *la puiſſance ;* ou : : *la baſe* A C : *à la hauteur* C B.

Lorſque j'ai conſideré le *plan incliné* comme un inſtrument méchanique (n°. 48, 49, 50, 51, 52.) je n'ai parlé que de deux applications de la puiſſance, l'une avec ſa ligne de direction paralléle au plan, & l'autre (qui le réduit au coin) avec ſa ligne de direction paralléle à la baſe du triangle, c'eſt-à-dire, inclinée au plan autant que le plan eſt incliné à l'horiſon, l'angle W B A (que l'on nomme *Angle de Traction* *) étant égal à l'angle B A C, à cauſe des paralléles W B, A C ; mais comme dans les machines compoſées, & dans l'uſage des voitures, l'angle de traction ou l'inclinaiſon de la ligne de direction de la puiſſance avec le plan eſt fort variable, il eſt à propos de conſiderer le *levier recourbé* dans le corps que l'on tire pour tous les cas ; ce qui deviendra ſenſible dans l'exemple ſuivant.

Soit D L B l'angle de traction, comme lorſque la puiſſance Π tire ſur la poulie ρ dans la ligne ρ L. W T *n* eſt un *levier recourbé*, dont le centre de mouvement eſt T, point où le globe W touche le plan ; *n* T le bras le plus court du levier, & ſur ſon extrémité *n*, on imagine que le poids eſt placé, comme y étant ſupporté, & le preſſant à angles droits, parce que ſa ligne de direction paſſe par *n* (L. 2. n°. 47.) ; W T eſt le long bras du levier auquel la puiſſance eſt appliquée obliquement. Mais comme T *z* perpendiculaire à la ligne de direction de la puiſſance, eſt ſa diſtance active, nous pouvons conſiderer T *z* comme le long bras du levier. Alors tous les cas ſeront réſolus par cette analogie.

Comme le long bras du levier, qui eſt maintenant z T :
Eſt au bras le plus court T *n : :*
Ainſi W, *le poids : :*
Eſt à Π *la puiſſance.*

Afin qu'on puiſſe trouver ce dernier levier recourbé, dans chaque direction de la puiſſance, c'eſt-à-dire, dans tous les angles de traction, on tirera de la régle précédente celle-ci, qui eſt pour toutes les directions de la puiſſance.

* L'angle de traction eſt celui qui eſt fait par la ligne de direction de la puiſſance avec le plan ; & par conſéquent lorſque la puiſſance tire paralellement au plan, il n'y a point d'angle de traction.

Notes sur la III. Leçon.

Comme le ſinus de l'angle du plan :
Eſt au ſinus complement de l'angle de traction :: Ainſi la puiſſance :
Eſt au poids.

Planche 10. Figu e 14.

MAIS pour faire voir que cette régle ſe tire du levier recourbé, il faut faire voir que nT, bras le plus court de ce levier, eſt toujours à ſon long bras z T, comme le ſinus d'inclinaiſon au ſinus complement de l'angle de traction ; ou que C B dans le triangle A B C : eſt à L z dans le triangle T L z :: comme nT : eſt à T z : & delà nous tirerons quelques Corollaires utiles de notre régle générale.

DÉMONSTRATION.

PUISQUE W T eſt perpendiculaire à A B, & que les angles W q T, & A q E ſont égaux (étant oppoſés par la pointe) le triangle A q E (rectangle en E) ayant deux angles égaux à deux angles du triangle W q T, le troiſiéme angle A ſera égal au troiſiéme angle q W T ; par conſéquent ces triangles ſeront équiangles & ſemblables ; (par la 4e. & 6e. *Eucl.*) & comme qE eſt le ſinus d'inclinaiſon pour le rayon A q (parce que dans ſon triangle ſemblable B C eſt le ſinus d'inclinaiſon pour le rayon A B) on aura auſſi qT ſinus d'inclinaiſon pour le rayon W q. Mais comme T n paralléle à l'horiſon, tombe ſur W q, qui étant la ligne de direction du poids, lui eſt perpendiculaire, le triangle W T n ſera ſemblable à W q T (par la 8. 6. *Eucl.*) & ainſi T n, petit bras de notre levier recourbé, deviendra le ſinus d'inclinaiſon pour le rayon W T. *Ce qui étoit une des deux choſes à démontrer.*

De plus comme T z eſt par la conſtruction perpendiculaire à L W, le triangle W z T eſt ſemblable à L W T (par la 8. 6. *Eucl.*) Donc l'angle z T W eſt égal à W L T, angle de traction ; enſorte que comme L T eſt le coſinus de l'angle de traction pour le rayon L W, T z (long bras de notre levier recourbé) ſera le coſinus de l'angle de traction pour le rayon T W. *Ce qui étoit la deuxiéme choſe à démontrer.*

COROLLAIRE I.

DELA il ſuit que lorſque la ligne de direction eſt paralléle au plan, la puiſſance eſt la moindre qui ſoit poſſible pour cette inclinaiſon du plan ; parce qu'alors le coſinus de l'angle de traction devient ſinus total ; c'eſt-à-dire, que T z devient T W, où le long bras du levier W T étant pouſſé à angles droits, exprime la diſtance de la puiſſance, ou parlant exactement, l'angle de traction diſparoît. Mais ſi la puiſſance tiroit directement en haut dans la ligne W e, elle ſeroit égale au poids, parce qu'alors W q T étant l'angle de traction, ſon coſinus (pour le rayon q W) ſeroit nT, qui eſt égal au ſinus d'inclinaiſon exprimé ici par cette ligne. Par ou l'on voit clairement que ſi un cheval tire un poids au haut d'une montagne par le moyen d'une charréte ou d'une machine roulante quelconque, il le tirera d'autant plus aiſément,

aiſément, que la ligne de direction par laquelle il tire le poids, approche plus d'être parallèle au penchant de la montagne le long de laquelle il le tire. Notes ſur la III. Leçon.

COROLLAIRE II.

Il ſuit auſſi que ſi la ligne de direction comme B W & *w* W paralléle à A B, forment l'angle *w* W B, égal à l'angle *w* W D, la puiſſance appliquée en B ſera égale à la puiſſance appliquée en D; parce que dans ce cas, les angles de traction W L B, W B L ſeront égaux, puiſque par la 29. 1. *Eucl.* l'angle W L B eſt égal à ſon extérieur oppoſé D W *w*, qui eſt ſuppoſé égal à l'angle *w* W B, & par conſéquent à ſon alterne W B L. D'où il ſuit que ſi la ligne de direction de la puiſſance, comme W *a* & la ligne W T perpendiculaire a A forment l'angle T W *a*, égal à l'angle d'inclinaiſon A (ou *q* W T) la puiſſance appliquée en *a* ſera égale au poids par le *Cor.* 1. parce qu'alors l'angle de traction W *a* L, eſt égal au complément de l'angle d'inclinaiſon A, c'eſt-à-dire, W *a* L eſt égal à W *q a* = A B C. Planche 10. Figure 14.

COROLLAIRE III.

Enfin il ſuit auſſi, que ſi la ligne de direction de la puiſſance eſt W T à angles droits ſur le plan incliné A B, ce qui fait un angle de traction droit; la puiſſance appliquée en T ou en quelque point que ce ſoit de la ligne *t* T, doit être infinie. Ce qui ſignifie qu'une puiſſance qui devroit tirer le poids W directement de deſſus le plan, ou le pouſſer directement contre le plan, ne pourroit pas le retenir, quelque grande que fût ſa force ou ſon intenſité, parce que dans ce cas le coſinus de l'angle de traction ſe réduit à rien, ou *étant infiniment petit*, la force appliquée en T doit être infiniment grande, puiſqu'on a fait voir que cette puiſſance : doit être au poids : : comme le ſinus de l'angle d'inclinaiſon : au coſinus de traction.

Avant que de quitter ce ſujet ſur les corps ſupportés ou tirés ſur des plans inclinés, qu'il me ſoit permis d'appliquer ce qui a été dit dans la ſeconde Leçon (n°. 28, 35, 47) pour faire voir en général comment un corps doit être ſoutenu ſur un plan incliné par un autre corps d'un moindre poids (ſi le premier eſt tiré dans une ligne de direction paralléle au plan, & ſi le dernier eſt ſuſpendu perpendiculairement) lorſque le poids du grand corps : eſt au poids du petit : : comme la longueur du plan : eſt à ſa hauteur. Le tout eſt tiré de ce principe établi & expliqué dans la ſeconde Leçon, ſçavoir *que ſi le centre de gravité d'un ſyſtême de corps ne deſcend pas, les corps ne peuvent pas deſcendre.*

Maintenant pour appliquer ceci à notre deſſein, ſoit A D B un plan incliné, (*Planche* 15. *Figure* 9.) dont la hauteur eſt D B. Si par le moyen d'une poulie P, le poids *w* ſuſpendu perpendiculairement retient par une corde le poids W ſur le plan incliné, & que ces poids ſoient l'un à l'autre, comme la longueur du plan eſt à ſa hauteur, (qui eſt ici comme 2 à 1) ils reſteront en repos (c'eſt-à-dire qu'ils ſe tiendront en équilibre) en quelque partie que ce ſoit du plan où le poids W ſoit placé. Premiérement ſoit la ſituation des corps W & *w*; menez la ligne *m n* qui joint leurs centres Planche 15. Figures 9.

Notes sur la III. Leçon.

de gravité ; & ayant trouvé leur centre commun de gravité en C (par la Leç. 2. n°. 39.) faisant $Cn = 2Cm$, menez Hh ligne horizontale, par ce centre commun ; je dis que quelle que soit la position de ces corps, ou en quelque partie du plan que W soit placé, leur centre commun de gravité sera toujours dans la ligne horizontale Hh. Si W est porté en V, w tombera en u, & le centre commun de gravité sera en k. Si les centres des corps sont en E & e, leur centre commun de gravité sera en K, toujours dans la même ligne Hh, ce qui peut se prouver aisément, parce que les triangles nhC, mHC, hqk, rok, &c sont tous semblables. *Puis donc qu'il n'y a point de position de* W *sur le plan, & de* w *dans la perpendiculaire* Wq, *qui puisse altérer la hauteur du centre commun de gravité des corps, ils doivent être en* équilibre, *parce qu'ils ne peuvent pas tomber, à moins que leur centre de gravité ne descende.* C. Q. F. D.

Planche 15. figures 9. 10.

COROLLAIRE.

Par là on voit la raison pour laquelle deux corps inégaux se soutiennent l'un l'autre sur des plans inégaux de la même hauteur, dont les longueurs sont l'un à l'autre en raison réciproque des corps. Par exemple, soient les poids F & G (*Figure* 10.) joints par la corde F P G qui passe sur la poulie P, & qui soient l'un à l'autre comme les plans A B, B D (dont la hauteur commune est B E) sur lesquels ils sont respectivement en repos. Cherchez leur centre de gravité commun C, & par ce point C menez une ligne horizontale ; vous trouverez comme ci-devant, que de quelque manière que l'on change leurs situations dans leurs plans respectifs, leur centre commun de gravité se trouvera toujours dans la même ligne horizontale qui passe par C, &c.

§ 8. [37. — *La poulie supérieure qui est fixée, n'augmente pas la force, mais elle empêche seulement le frottement, en faisant couler la corde aisément, & d'autant plus aisément, que la rouë est plus grande par rapport à l'aissieu autour duquel elle tourne.* Je ferai voir exactement dans la Leçon suivante, combien le frottement d'un rouleau ou d'une poulie fixe est diminué à proportion que son aissieu ou ses tourillons ont un diametre plus petit que la rouë ou le rouleau. Je vais à présent parler de la diminution de pression sur l'aissieu d'une poulie, qui arrive toujours dans une certaine proportion des poids suspendus de part & d'autre, lorsqu'ils sont en mouvement, & cela sans aucun égard à la grosseur de l'aissieu, que je considére dans ce cas comme une ligne. La chose en général est comprise dans la Proposition suivante.

PROPOSITION.

Lorsqu'un fil ou une corde passe sur une poulie simple ou sur un rouleau par la chute d'un poids prépondérant (l'autre poids montant en même-tems) la pression sur l'aissieu de la poulie est toujours égale au quadruple du produit des poids multipliés l'un par l'autre, & divisés par la somme des mêmes poids.

NOTES sur la III. Leçon.

Planche 15. *Figure* 11.

SOIT DE la poulie, C son centre, les poids p & q, & la corde qui passe dessus, p D r E q. Je dis que la pression sur l'aissieu ou centre C, est $= \frac{4pq}{p+q}$

Planche 15. *Figure* 12.

LA poulie étant représentée dans cette figure par les mêmes lettres que ci-devant, menez à volonté les lignes Dd, & Ee, dans lesquelles les poids montent ou descendent. Tirez du centre de la poulie, Ck paralléle à ces lignes ; & par le point o pris à volonté dans la ligne Ck, menez la ligne horizontale pq ; & prenant la distance pP égale à qQ, menez la ligne oblique PoQ. Du point c, centre commun de gravité des poids, représentés par les lettres p, q, & supposés suspendus en ces points, abaissez la perpendiculaire cg jusqu'à la rencontre de la ligne PQ. Si l'on considere pq comme une balance dont les *bras* sont inégaux, & dont les longueurs sont en raison réciproque de p à q, ensorte que les poids p & q seroient sur cette balance en *équilibre*, on peut appeller cq le levier du plus grand poids, q & pc le levier du moindre poids p ; & si l'on suppose que le poids q descende jusqu'en Q, pendant que p s'éleve jusqu'en P, (par des espaces égaux) puisque Pg est à gQ comme pc à cq, la ligne cg représentera la descente du centre commun de gravité des 2 poids.

DÉMONSTRATION.

LA somme des poids $p+q$: est à leur différence $q-p$ :: comme la somme de leurs leviers $pc+cq$: est à leur différence $pc-cq$; & par conséquent : : comme la demi-somme de leurs leviers oq : est à leur demi-différence oc ; & de même, (par 2. & 4. *6. Eucl.*) : : comme qQ, vîtesse du poids qui descend : est à cg, vîtesse du centre de gravité qui descend. Maintenant si l'on ôte de q un poids égal à p, il ne reste que $q-p$ pour donner le mouvement aux poids par sa pesanteur naturelle. Mais le *moment* de $q-p$ par la pesanteur naturelle, est $qv-pv$ (en prenant v pour la vîtesse naturelle du poids qui tombe.)

Donc la vîtesse exprimée par qQ, sera $\frac{qv-pv}{q+p}$. Mais nous avons eu ci-devant cette analogie, $p+q : q-p :: qQ : cg$. Nous avons donc $p+q : q-p :: \frac{qv-pv}{q+p} : cg$, vîtesse du centre de gravité, qui sera $\frac{\overline{c^2-2pq+pp} \times V.}{p^2+2pq+q^2}$

Donc le *moment* des deux corps sera cette vîtesse multipliée par les deux corps, & par conséquent le *moment* de la chute des deux corps sera $\frac{\overline{c^2-2pq+p^2} \times V}{q+p}$. Mais si les deux corps $q+p$ tomboient entierement,

Notes sur la III. Leçon.

leur *moment* ſeroit $qv + pv$. D'où il ne faut retrancher que ce qui tombe des deux corps, qui eſt $\frac{q^2 - pq + p^2 \times v}{q + p}$, il y a un reſte de ces corps, qui ne tombe pas, & ce reſte, qui eſt de conſéquence, doit appuyer ſur le centre, & preſſer l'aiſſieu. Donc en faiſant la ſouſtraction, on verra que ce reſte eſt $\frac{4pq}{p+q}$. Ce qu'il falloit démontrer.

SCHOLIE.

De la il ſuit, que ſi p eſt égal à q, (auquel cas il n'y aura point de mouvement dans les poids) la preſſion ſera $2p = p + q$; & ſi q eſt infini, la preſſion eſt $4p$. Pour éprouver cette Propoſition, je fais l'expérience ſuivante.

Expérience.

Planche 15. Figure 13. 14.

Je fais entrer à vis une poulie fort délicate D au fonds du baſſin b de la balance AB, mobile autour du centre C; & ayant mis la poulie en équilibre avec les poids dans le baſſin a, j'attache à un fil les deux poids p & q, peſant 2 & 6 onces; enſuite ayant fait paſſer le fil ſur la poulie D, je mets dans le baſſin a le poids de 6 onces & un denier, que j'arrête avec un fil pour l'empêcher de monter, ce poids étant attaché au fonds par le crochet fixe H, pendant que toute la balance eſt ſuſpenduë à un crochet fixe en M. Soutenant le grand poids q avec une regle placée horizontalement en-deſſous en e, je la tire ſubitement pour donner à q la liberté de deſcendre; & pendant ce tems-là, la preſſion ſur l'aiſſieu de la poulie D eſt tellement diminuée, (pendant que le poids p monte, & que q deſcend) que le baſſin a deſcend par l'action du petit poids d, même lorſque ce poids eſt beaucoup plus petit que celui d'un denier, comme on le voit clairement en ce que le fil H a devient lâche.

Lorſque q eſt $=$ 12 onces, & $p = 3$, le contrepoids dans le baſſin oppoſé doit être de 9 onces & de 12 deniers, ſelon la théorie, & l'expérience le confirme; y ayant une chute viſible du baſſin a, par l'addition du petit poids d, même lorſqu'il eſt moindre que la 300e. partie de q, &c. Prenez q & p dans toute autre proportion, & les expériences ſeront toujours conformes à la théorie.

Cette maniere de conſiderer la preſſion ſur l'aiſſieu, peut auſſi s'appliquer à l'aiſſieu d'une rouë, comme on va voir.

Soit ACB (*Planche* 15. *Figure* 14.) un *tour* dont la rouë eſt AB, C le centre ou axe du mouvement, & AX l'aiſſieu, q un poids, (ordinairement le plus grand poids) & p l'autre; la ligne qp comme un levier diviſé inégalement en o, repréſente par ſa partie qo le bras ou demi-diametre de l'aiſſieu AC, & par ſa partie op le bras ou demi-diametre de la rouë CB.

Les corps p, q étant dans la ſituation repréſentée par la figure, & pb plus grand que qa, la partie de p qui fait *équilibre* avec q, ſera

Notes sur la III. Leçon.

Planche 15. Figure 14.

$\frac{aa}{b}$, & par conséquent il ne restera de p que $p - \frac{qa}{b}$, ou $\frac{pb - qa \times V}{b}$ (faisant V égal à la vîtesse avec laquelle les corps descendent) pour donner le mouvement aux deux corps ; parce que le reste du poids des deux corps $pV + qV$, qui est $\frac{qbV + qaV}{b}$ des deux corps en équilibre $q + \frac{qa}{b}$ restera pressant sur l'aissieu de la machine. Soit u la vîtesse de p, celle de q sera $\frac{au}{b}$ & son moment sera $\frac{qau}{b}$, lequel étant ajouté à pu, *moment* de p, donne $\frac{pbu + qau}{b}$, égal à tout le *moment* produit par la force ou *moment* ; $\frac{pbV - qaV}{b}$. Donc puisque le moment produit est toujours égal à celui qui le produit, nous avons $\frac{pbu + qau}{b} = \frac{pbV - qaV}{b}$, ce qui donne $u = \frac{pbV - qaV}{pb + qa}$ & $\frac{au}{b} = \frac{pbaV - qaaV}{pbb + qab}$, ce qui donne le *moment* de $q = \frac{qpba - qqaa}{pbb + qab} \times V$, & ce *moment* doit agir comme s'il portoit sur l'aissieu, qui par conséquent en doit souffrir la pression. Et comme q par sa réaction sur p lui fait perdre d'autant plus, (portant aussi sur l'aissieu) ou retarde d'autant plus sa descente, l'aissieu doit nécessairement par cette action & réaction égale, souffrir la double pression $\frac{2qpba - 2qqaa}{pbb + qab} \times V$, à laquelle ajoutant le poids $\frac{qb + qa}{b} \times V$ des deux poids d'*équilibre*, toute la pression sur l'aissieu sera égale à $\frac{qpbb + qqab + 3pbqa - qqaa}{pbb + qab} \times V$. ou (divisant par le Dénominateur autant qu'il est possible) elle sera égale à $q + \frac{3pbqa - qqaa}{pbb + qab} \times V$ Donc l'aissieu supporte autant de poids que s'il soutenoit la quantité de matiere, $q + \frac{3pbqa - qqaa}{pbb + qab}$.

COROLLAIRE I.

Si $pb = qa$, la pression est $q + p$, ou $q + \frac{qa}{b}$ (en substituant pb pour qa, ou au contraire dans la formule $\frac{qpbb + qqab + 3pbqa - qqaa}{pbb + qab}$ parce qu'en ce cas $\frac{qa}{b} = p$.

Notes sur la III. Leçon.

COROLLAIRE II.

Si p est infini, la pression est $q + \frac{3qa}{b}$, ou le poids q avec trois fois le poids qui est capable de le tenir en équilibre à la distance de p, comme dans la poulie ci-dessus, où la pression est $\frac{4pq}{p+q}$. Si q est infini, la pression est alors $4p$; & si b est infini, la pression n'est égale qu'à q.

N. B. *On peut donner pour regle générale de la pression sur l'aissieu, tant de la poulie que de la roue & de son aissieu, par deux corps qui agissent l'un contre l'autre*, l'analogie suivante :

Comme le moment *des deux corps qui tombent librement :*

Est au moment *qui est perdu lorsqu'ils agissent l'un sur l'autre par la machine :: Ainsi tout le poids des corps :*

Est au poids qui presse sur l'aissieu.

Feu M. *Pierre Daudé* qui m'a communiqué cette proposition au sujet de la pression sur l'aissieu d'un *Tour* n'ayant pas d'abord fait réflexion que les poids qui montent & descendent en faisant tourner le *Tour*, étoient de la nature du pendule (parce que, comme ils ont différentes vîtesses, ils s'accelerent & se retardent mutuellement) me donna quelque tems après la solution suivante, où il a corrigé cette erreur. Mais comme elle dépend de la théorie des pendules que je n'ai examiné que vers la fin de ce premier volume, je crois que le Lecteur la concevra mieux lorsque j'aurai parlé des pendules. Mais avant que d'entrer dans la solution de M. *Daudé*, il est bon de supposer quelques principes sur le centre d'oscillation.

1°. Le *centre de gravité* de deux corps joints ensemble par une ligne mathématique, est le *point de cette ligne, où chacun de ces deux corps agit avec tout son poids dans l'état de repos;* & cela arrive lorsque leurs *momens*, qui sont en ce cas le produit de leurs quantités de matiére, par leurs léviers, ou distances à ce centre de gravité, sont égaux. En sorte que ce centre resent le poids des deux corps.

2°. Le *centre d'oscillation* de ces deux corps, est *un point dans cette ligne, sur lequel les deux corps en mouvement agissent avec tous leurs momens;* & cela arrive, lorsque les produits de leurs *momens*, par leur distance au centre d'oscillation, sont égaux; & leurs forces étant égales en ce point, leurs mouvemens n'y étant pas contraires l'un à l'autre, ils y agissent ou y tombent, de maniére que ce point se meut avec la vîtesse naturelle des corps qui tombent, & qu'ils y frappent un obstacle avec tout leur poids.

3°. Si l'on suppose que ces deux corps roulent autour du centre de suspension, les centres de gravité & d'oscillation seront tous deux du côté où est le plus grand *moment*.

4°. Si le centre de suspension est entre les deux corps, le centre d'oscillation sera en-dehors des deux corps. Mais si le centre de suspension est en-dehors des deux corps, le centte d'oscillation sera entre les deux corps.

Voici maintenant la proposition exprimée selon la derniere solution de M. Daudé.

Notes sur la III. Leçon.

PROPOSITION.

Trouver la preſſion que deux corps p *&* q *dans leur mouvement avec des directions contraires, impriment ſur l'aiſſieu d'un* tour *ou d'une* poulie double *d'une ſeule piéce.* Planche 8. Figure 15.

Planche 8. Figure 15.

Suppoſons q plus grand que p, alors le centre de gravité des deux corps étant au-delà de leur centre de mouvement c vers a, le corps q deſcendra & fera monter p. Donc pour trouver le centre de gravité s nous ferons cette analogie; $q : p :: b + a - z : z$ & $qz = pb + pa - pz$, ce qui donne $z = \frac{pb+pa}{p+q}$ & ôtant cette valeur de a, nous aurons, $a - \frac{pb-pa}{p+q} = \frac{qa-pb}{q+p} = cs$. Maintenant en conſidérant le mouvement des deux corps p, q, comme celui d'un pendule double, dont les poids p, q ſont ſuſpendus l'un au-deſſous du centre de ſuſpenſion & l'autre au-deſſus, nous trouverons leur centre d'oſcillation en cette maniére; $qa : pb :: b + a + x : x\,(qo)$ & $qa - pb : pb :: b + a : x = qo = \frac{ppb+bba}{qa-pb}$, & $qo + qc = co = a + \frac{pbb+pab}{qa-pb} = \frac{qaa+pbb}{qa-pb} = co$. Donc puiſque le centre d'oſcillation tombe avec la vîteſſe naturelle des corps peſans, que nous appellerons $V = 1$, nous ferons cette analogie, $co\left(\frac{qaa+pbb}{qa-pb}\right) : cs\left(\frac{qa-pb}{q+p}\right) :: V(1) : sg$, vîteſſe de la chûte du centre de gravité s. Enſuite réduiſant les deux premiers termes de cette analogie au même dénominateur, nous aurons celle-ci, $co\,(qqaa + qpbb + pqaa + ppbb) : cs\,(qqaa - 2qba + ppbb) :: 1 : \frac{qqaa-2qpba+ppbb}{qqaa+pqbb+pqaa+ppbb} = sg$ vîteſſe de la chûte du centre de gravité. Multipliant donc cette vîteſſe du centre commun de gravité par la ſomme des deux corps $p + q$, nous aurons le *moment* de leur chûte (ou d'autant de leur poids entier qu'il en tombe actuellement) égal à $\frac{qqaa-2pqba+ppbb}{qaa+pbb}$, lequel étant ſouſtrait de tout leur moment naturel qui eſt $qV + pV$, il reſte $\frac{qpbb+2pqba+qpaa}{qaa+pbb} = \frac{qp \times \overline{b+a}^2}{qaa+pbb}$, qui eſt la partie de leur poids qui preſſe ſur c leur centre (ou plûtôt leur axe) de mouvement. De cette ſeule derniére équation, on peut tirer les corollaires ſuivans.

COROLLAIRE I.

Si $b = a$ la preſſion ſur l'axe c eſt $\frac{4pq}{p+q}$, comme dans la poulie ſimple.

Notes sur la III. Leçon.

COROLLAIRE II.

Si q est infini, la pression sur l'axe sera $\frac{p \times a + b^2}{a\ a}$; d'où il suit que si $a = b$, la pression sera $4p$, comme dans la poulie simple.

COROLLAIRE III.

Si b est infini, la pression sur l'axe sera q, parce qu'alors le levier a n'est rien en comparaison de l'infini b.

COROLLAIRE IV.

Si a est infini, la pression sur l'axe sera p, parce qu'alors le levier b n'est rien en comparaison de l'infini a.

SCHOLIE.

On a trouvé ci-devant, que la pression sur le centre du *Tour* est exprimée généralement par $\frac{qp\ bb + 2pqba + qpaa}{qaa + pbb}$; mais lorsque $qa = pb$, alors il y a *équilibre*, & l'aissieu supporte les deux poids $p + q$; or dans ce cas $\frac{qpbb + 2qpba + qpaa}{qaa + pbb}$ doit $= q + p$; ce qui (en le supposant ainsi) donne $qpbb + 2qpba + qpaa = qqaa + qpbb + pqaa, + bb$, donc par réduction $2pqba = qqaa + ppbb$ & $qqaa - 2pqba + ppbb = 0$, & par l'extraction de la racine quarrée $qa - pb = 0$, & par conséquent $qa = pb$. Il est donc vrai, que lorsque $qa = pb$, on peut également en déduire la vérité de notre expression générale ; sçavoir, que la pression sur l'axe est $q + p$. *Ce qu'il falloit démontrer.*

Le poids, qui presse sur l'axe c d'une poulie double ne peut pas être augmenté par l'accélération du poids q ; parce que ce qui forme le poids des corps qui ne tombent pas, à raison d'un obstacle qui les arrête, n'est que chacune des impulsions simples de la gravitation, & non pas la somme de plusieurs de ces impulsions ; parce que chaque impulsion particuliere est détruite par l'obstacle aussi-tôt qu'elle est donnée. Mais les impulsions sur un corps qui tombe, lui donnent chacune un dégré de vîtesse qui n'est pas détruit ; ainsi les vîtesses données étant accumulées produisent une accélération dans la chûte du corps q, pendant que le poids qui presse sur l'aissieu de la machine ou de la poulie, est toujours égal ou le même.

9. [41 — *Pendant que* 2 *descend en* a, 1 *monte en* B *précisément* 2 *fois aussi haut, &c.*] Il y a un autre cas d'élever un poids par des poulies séparées, que j'ai passé ici sous silence. Le Docteur *Pemberton* en fait mention dans son Livre sur la *Philosophie de Newton*. Je commencerai par la solution qu'il

Notes sur la III. Leçon.

qu'il en donne, & enſuite je ferai voir avec quelle facilité on peut la réduire à nos regles, en prouvant que, de quelque façon que le cas ſoit varié, il y aura toujours une proportion réciproque entre la puiſſance, le poids & leurs vîteſſes. Le poids W (*Planche* 15. *Figure* 15.) eſt ſoutenu par la puiſſance P, par le moyen des trois poulies C, D, E, dont l'une C eſt fixe & les autres mobiles, & d'une corde qui va du poids ſur chaque poulie, comme on l'a repréſenté dans la figure. » Pour expliquer l'effet des poulies » ainſi appliquées, il eſt bon de conſidérer différens poids ſuſpendus comme » dans la *Figure* 16. Si la puiſſance & les poids ſe balancent ici mutuelle- » ment, la puiſſance P eſt égale au poids *w*; le poids w eſt égal à deux fois » la puiſſance P ou à deux fois le poids w; & par la même raiſon le poids » W eſt égal à deux fois le poids w, ou à quatre fois la puiſſance P. Il eſt » donc évident que tous les trois poids *w*, w, W pris enſemble, ſont égaux » à ſept fois la puiſſance P. Mais ſi ces trois poids étoient réunis en un » ſeul, ils produiroient le cas de la *Figure* 15. En ſorte que dans cette figure » le poids W, où il y a trois poulies, vaut ſept fois la puiſſance P. S'il n'y » avoit eu que deux poulies, le poids n'auroit été que trois fois la puiſſance; » & s'il y avoit eu quatre poulies, le poids auroit été quinze fois la » puiſſance.

Planche 15. Figures 15. & 16.

Pour expliquer ceci à notre maniére, imaginons que le poids W eſt élevé d'un pouce, par exemple, de la ligne horizontale A B à la ligne horizontale *a b*, & par la conſtruction de la machine nous trouverons quelle doit être la vîteſſe de la puiſſance. 1°. Le point F de la corde paſſant ſur la poulie C, deſcendra d'un pouce, ſçavoir de la ligne F*f* à la ligne G*g* (parce que W attaché à cette corde, s'éleve d'un pouce par la ſuppoſition, & la poulie D attachée à ladite corde D F, doit auſſi deſcendre d'un pouce. Par la deſcente de la poulie D d'un pouce, le point H de ſa corde doit deſcendre de deux pouces, qui lui ſont fournis des deux côtés de la poulie, & d'un pouce de plus qui lui eſt fourni par l'élevation du poids W; donc le point H doit deſcendre de 3 pouces ou de H*h* en J*i*. Enfin comme la poulie E deſcend de 3 pouces, parce quelle eſt ſuſpenduë à la corde H J, le point K de la corde K P (étant fourni par les deux côtés de la poulie E) doit deſcendre de 6 pouces à cet égard, & d'un pouce de plus à cauſe de l'élevation du poids W. Donc le point K de la derniére corde par lequel la puiſſance P tire, doit deſcendre de 7 pouces, ſçavoir de la ligne K*k* à la ligne L*l*, par où la puiſſance deſcendra auſſi d'autant, ſçavoir de P en *p*. Par conſéquent une livre en P à la place de la main, ſoutiendra un poids de W ſept fois auſſi peſant, 7×1 étant égal à 1×7. *Donc dans cette combinaiſon de poulies, auſſi-bien que dans toutes les autres, & même dans tous les inſtrumens méchaniques* (comme nous l'avons dit ſouvent) *lorſqu'il y a équilibre, il doit y avoir une proportion réciproque entre les intenſités de la puiſſance & du poids & leurs vîteſſes.*

10. [40 — *Les cordes, &c.* (appliquées aux poulies) *ſeront toujours ſuppoſées paralléles, à moins qu'on n'avertiſſe du contraire.*] Quoique dans une combinaiſon de poulies, où la derniére poulie eſt fixe, comme dans la 4e, 5e, 6e, 7e, 8e & 9e *Figures* de la *Planche* 10, la force qui agit (ſuppoſé

Notes sur la III. Leçon.

que ce soit un homme ou plusieurs hommes qui tirent) soit la même dans quelque direction que la puissance tire la corde qui passe sur les poulies ; cependant si les cordes qui sont appliquées à la rouë ou aux rouës des poulies, & qui montent avec le poids, n'étoient pas paralléles, la force se perdroit à proportion de leur obliquité.

Planche 15. Figure 17.

Supposons que le poids W (*Planche* 15. *Figure* 17.) joint à la poulie inférieure ou mobile C, au centre de laquelle il est suspendu, soit de 6 livres ; s'il étoit suspendu en *c*, il faudroit une force égale à 6 livres pour le soutenir : & par conséquent si l'on suppose deux poulies supérieures ou fixes, commë A, B, sur lesquelles passe une corde qui porte à chaque bout 3 livres, pendant que le milieu de la corde passe sous la poulie C, il est évident que les deux poids (ou plûtôt les puissances P & *p*) étant prises ensemble égales au poids, le soutiendront aussi, & seront en équilibre. Maintenant, puisque P & *p* se balancent mutuellement, si l'on ôte P, & qu'on attache la corde en *a*, *p* seul soutiendra le poids W, comme nous l'avons déja dit & expliqué (n°. 57.) & cela paroîtra plus évident, si l'on réduit la poulie C à un levier, de la maniére qu'on l'a fait voir dans la seconde Note de cette Leçon. En ce cas *m n* est un levier de la seconde espéce, dans lequel le centre du mouvement ou *point d'appui* est en *n*, le poids W tire à angles droits en *o* avec la distance *o n*, pendant que la puissance avec la double distance *m n* tire aussi à angles droits dans la direction *m* B. Mais si la poulie B est transportée en *b*, la direction de la puissance changera & deviendra *b m* ; par conséquent sa force diminuera à proportion de l'obliquité de sa direction ; c'est-à-dire, que la puissance capable de soutenir le poids dans la direction *b m* : est à la puissance qui le soutient dans la direction *m* B : : comme *b m* : est à B *m*. (*Leçon* 3. *Note* 5.

On peut tirer de cette considération la regle générale suivante, pour connoître l'intensité de la puissance ou des puissances, qui tirant obliquement sur des poulies fixes, font élever directement en haut un poids suspendu au centre d'une poulie mobile.

Comme 2 fois la tangente de l'angle d'inclinaison (c'est-à-dire, de l'angle formé par la ligne de direction de la puissance, qui est la corde oblique, avec l'horizon) :
Est à la sécante de cet angle : :
Ainsi le poids, lorsque l'un des bouts de la corde est fixe :
Est à la puissance qui tire obliquement.

Mais si deux puissances agissent (l'une à chaque bout de la corde) alors l'analogie sera celle-ci :

Comme deux fois la tangente de l'angle d'inclinaison :
Est à deux fois la sécante du même angle : :
Ainsi le poids :
Est aux deux puissances prises ensemble.

Préparation.

Planche 15. Figure 17.

Soient les poulies A B transportées en *a*, *b*, & les lignes *b m* & *a n* prolongées jusqu'à leur rencontre en C ; joignez les centres des poulies *a*, *b*, par la ligne horizontale *a b* ; menez E D paralléle à *a b*, du point E pris

en ſorte que D e ſoit égale à D C & faiſant D e = D C, menez E e & er perpendiculaire à C b.

Notes ſur la III. Lecon.

De'monstration.

Puisque c C eſt la ligne de direction du poids W, elle doit être perpendiculaire à ab, ligne horizontale (*L.* 2, n°. 22), & par conſéquent parallèle à Bm; donc le triangle cCb eſt ſemblable au triangle Bqb (par la 4. *Eucl.*) & par la même raiſon D E C eſt ſemblable à cbC, & cDE, leur eſt auſſi ſemblable & égal à DCE, à cauſe des angles droits en D, du côté commun D E & des côtés égaux D C = D c. De plus le triangle acC eſt ſemblable aux précedens ; parce que comme le poids W (ou ſon centre de gravité) deſcend auſſi bas qu'il le peut, a C b doit être un triangle iſoſcelle diviſé en deux parties égales par la ligne de direction C c. Maintenant, ſi C c repréſente l'intenſité du poids ſuſpendu au centre de la poulie inférieure C, ſa moitié D C repréſentera l'intenſité de la puiſſance qui tire directement ou qui eſt à angles droits avec le levier mn & CE ſon intenſité lorſquelle tire obliquement ; & puiſque l'angle DEC = cbC, E c la ſécante de DEC ſera la ſécante de l'angle d'inclinaiſon, & D C tangente de DEC ſera la tangente de l'angle d'inclinaiſon, & ſon double C c repréſentera l'intenſité du poids. C. Q. F. D.

Si l'on employe deux puiſſances, P tirera avec la même obliquité que p, parce que l'angle aCc = cCb; donc P + p : P + p : : D C + D c : CE + E c. C. Q. F. D.

On peut en faire l'expérience en prenant le poids W joint à ſa poulie, égal à 6 livres, & les poids P & p égaux à 5 livres chacun ; car alors ſi les poulies A & B ſont arrêtées à la diſtance de 8 pouces l'une de l'autre à leur circonférence, comme en a & b, les trois poids ne ſeront en répos que lorſque la ligne C c ſera préciſément de 3 pouces, auquel cas les triangles aCc, cCb, EDC, DEc, moC, & oCr auront leurs 3 côtés en proportion de 4, 3 & 5. Mais la meilleure méthode d'éprouver tous les cas de cette eſpéce, eſt d'employer la machine que le Docteur *S'graveſande* a imaginé à ce deſſein. (Voyez ſon Introduction à la Philoſophie de *Newton*, *Partie* 1. n°. 205.) ſur la planche horizontale H (*Planche* 15. *Figure* 18.) On fixe deux piéces verticales S, S, qui ont chacune en haut un ſextant avec différentes lignes menées d'un centre que l'on prend ſur la partie ſupérieure d'une poulie, en ſorte que les fils qui paſſent ſur les poulies, puiſſent couvrir ces lignes étant tendus. Au milieu des lignes ſont écrits les nombres qui expriment les ſécantes des angles que ces lignes forment avec l'horizon, & à leurs extrémités ſont écrits les nombres qui expriment les tangentes de ces angles. Or en faiſant ces expériences, on verra dans tous les cas où il y a équilibre, que les poids Q & Q, ſont comme les nombres au milieu des lignes le long deſquelles les fils ſont tendus, & que le poids P eſt comme la ſomme des nombres qui ſont écrits aux extrémités de ces deux lignes.

Planche 1. Figure 18.

11. [48 — *Une puiſſance moindre que le poids ſervira à ce deſſein, à moins*

NOTES sur la III. Leçon.

qu'elle ne pousse le corps directement contre le plan, &c. ou qu'elle ne le tire hors du plan, &c.] Nous avons examiné dans la 7e Note, tout ce qui est relatif à un corps qui se meut sur un plan incliné, & ainsi nous y renvoyons ; mais il ne sera pas hors de propos de parler de la différence entre les grandes & les petites rouës, lorsqu'elles roulent sur des terreins ou obstacles inégaux : car quoique ce mouvement ne puisse pas être regardé à tous égards comme celui des corps qui roulent sur des plans inclinés ; cependant il y a bien des choses qui se ressemblent dans les deux cas.

Planche 15. Figure 19.

Soit la ligne *a b* (*Planche* 15. *Figure* 19.) qui représente le plan horizontal, ou la ligne sur laquelle la rouë, représentée par le cercle *l* C *h g* doit rouler de *a* vers *b*. *m*, *n*, *o*, représentent trois obstacles immobiles qui s'élevent à la hauteur des points *d*, *g*, *h* ; pendant que la puissance tire la rouë dans la ligne de direction *c* G. Pour connoître quelle doit être l'intensité de la puissance à proportion de l'intensité du poids, (c'est-à-dire, à proportion du poids de la rouë) on peut supposer un levier recourbé dans cette rouë, & en examiner l'effet dans cette opération ; ce qui nous donnera cette regle générale pour tous les cas d'une rouë qui passe sur un obstacle dans un plan horizontal ; en supposant aussi que la ligne de direction qui tire le long du centre de la rouë, est horizontale.

Lorsque la circonférence d'une rouë qui se meut verticalement dans un plan horizontal, touche le haut d'un obstacle,

Le poids : (en y comprenant le poids de la rouë) :
Est à la puissance qui peut tirer la rouë au-dessus de l'obstacle : :
Comme le sinus de l'angle formé par une ligne tirée du centre de la rouë au haut de l'obstacle & par la ligne horizontale :
Est à son cosinus :

PRE'PARATION.

PAR le sommet *d* de l'obstacle *m d*, & par le sommet *g* de l'obstacle *n g*, tirez les lignes horizontales *e d t*, *r g s* ; tirez aussi les rayons *c d*, *c g* & *c h*, celui-ci étant parallèle à l'horizon, & prolongé jusqu'en *p* ; avec le rayon *c d* & du centre *d* tracez l'arc *c k* ; & des points *d* & *g* menez *d f k* & *g i* perpendiculaire à *c h*, & autour de *k* comme centre, décrivez le cercle C *x* D *d* égal à C *l q*, qui représentera la rouë élevée au-dessus du haut de l'obstacle *m d*.

DE'MONSTRATION.

c d e est un levier recourbé par rapport à l'obstacle *d m* ; son *apui* est *d* & ses bras *c d*, *d e* ; mais comme la puissance tire obliquement le bras *d c* selon la ligne *c p*, il faut réduire ce bras *d c* à *f d* perpendiculaire à la ligne de direction (laquelle est la distance active de la puissance) mais *d c* conserve toute sa longueur ; parce que *c q* ligne de direction du poids est perpendiculaire à son extrémité *e*. Donc le poids & la puissance sont ici en raison réciproque des bras *f d* & *d c* ; mais *f d* est le sinus de l'angle *f c d* (= *c d c*) que la ligne *c d* forme avec la ligne horizontale *d e* ou sa parallèle *c f*, & *d c* & son cosinus. C. Q. F. D.

Notes sur la III. Leçon.

SCHOLIE.

Si l'obſtacle avoit été *ng* deux fois auſſi haut, la difficulté de tirer la rouë au-deſſus auroit été plus de deux fois auſſi grande; parce qu'en conſidérant le levier recourbé *cgr* qui agit en ce cas, on l'auroit réduit à un autre levier recourbé *igr*, dans lequel la puiſſance : eſt au poids : : comme *rg* : eſt à *gi*, où la diſproportion de la diſtance active eſt augmentée de plus du double au deſavantage de la puiſſance.

Planche 15. Figure 19.

COROLLAIRE I.

De-la il ſuit que la difficulté d'une rouë pour ſurmonter un obſtacle, croît en plus grande proportion que la hauteur de l'obſtacle; les obſtacles de différentes hauteurs comparés enſemble étant toujours comme les ſinus verſes du complement de l'angle d'inclinaiſon, pendant que la puiſſance : eſt au poids de la rouë & de ce qu'elle traîne : : comme le ſinus complement : eſt au ſinus de l'angle d'inclinaiſon; laquelle derniére raiſon croît plus *vîte* que celle des ſinus verſes.

COROLLAIRE II.

De-la il ſuit auſſi qu'une rouë ne ſçauroit par aucune puiſſance, quelque grande qu'elle ſoit, ſurmonter un obſtacle qui eſt auſſi haut que ſon aiſſieu; (par exemple, l'obſtacle *oh*) parce qu'en ce cas le coſinus devient le ſinus total *ch*, & que le ſinus droit diſparoît; ou, ce qui eſt évident par la figure, la puiſſance tire contre le point d'apui où elle ne ſçauroit avoir aucun effet, quelque grande qu'elle ſoit, à moins qu'on ne change la direction de la puiſſance, & qu'on la faſſe tirer en-deſſus : ainſi dans la pratique, ſur-tout lorſque les voitures doivent traverſer des chemins raboteux, on eſt en uſage de faire tirer les chevaux ou les bœufs un peu au-deſſus du centre des rouës de devant.

COROLLAIRE III.

Par-la on voit auſſi la raiſon pourquoi les grandes rouës paſſent ſur les obſtacles plus avantageuſement que les petites, & cela à proportion qu'elles ſont plus hautes : parce que les longueurs des ſinus verſes (tout le reſte étant égal) ſont comme les diamétres de leurs cercles; & ainſi un obſtacle dont la hauteur étoit le ſinus verſe d'un arc d'un certain nombre de dégrés, ſera le ſinus verſe d'un arc d'un plus petit nombre de dégrés dans un plus grand cercle à proportion qu'il eſt plus grand : donc le coſinus, ou le *bras* horizontal du levier recourbé qui porte le poids, ſera moindre, & le ſinus d'inclinaiſon, ou le *bras* perpendiculaire du levier, où la puiſſance eſt appliquée, ſera plus grand. Outre cela, les grandes rouës ſurmonteront non-ſeulement des obſtacles impoſſibles aux petites rouës, mais encore pluſieurs autres obſtacles plus élevés, pourvû que leur hauteur ne ſoit pas égale au demi-diamétre de la grande rouë. Par exemple, dans la *Figure* 20,

Notes sur la III. Leçon.

Planche 15. Figure 20.

l'intenſité de la puiſſance P qui tire la grande roue C D au-deſſus de l'obſtacle D, le long de la ligne horizontale *a b*, n'eſt que la moitié de l'intenſité de la puiſſance *p* qui tire la petite roue *c g* au-deſſus du même obſtacle en *g*, en ſuppoſant les roues du même poids ; parce que ce n'eſt pas le levier rcourbé *i g r*, qui eſt tranſporté de la petite à la grande roue en F D E, mais le levier *f d e*, par lequel la petite roue eſt tirée au-deſſus d'un obſtacle de la moitié de la hauteur. Ainſi dans la *Figure* 19. la grande roue dont on a repréſenté la demi-circonférence par le demi-cercle L H *q* paſſe, ſur l'obſtacle M D avec la même facilité, que la petite ſur *m d* ; ſur l'obſtacle N G (qui eſt impoſſible à la petite roue) avec la même facilité que la petite ſur *n g*, & il n'y a point d'obſtacle qu'il lui ſoit impoſſible de traverſer (en ſuppoſant l'intenſité de la puiſſance d'une grandeur ſuffiſante, juſqu'à ce qu'il arrive à la hauteur O H égale à ſon demi-diamétre.)

COROLLAIRE IV.

Enfin, on peut remarquer par tout ce qui a été dit ſur ce ſujet, que la plus grande difficulté pour conduire une roue au-deſſus d'un obſtacle, eſt dans le premier effort, & que l'action de la puiſſance devient toujours plus facile à meſure que la roue s'éleve, ſoit qu'elle ſoit en repos ou en mouvement lorſqu'elle commence à preſſer l'obſtacle ; car le *bras* horizontal du levier comme *e d*, (en ſuppoſant l'obſtacle *m d*) s'élevant continuellement autour de l'apui *d*, lorſque la roue s'éleve de la ſituation C *h g q l* à celle *x* D *d r*, diminue ſa diſtance active, à meſure que la ligne *c q* du poids paſſe de *c q* en *k d*, pendant que le *bras d f*, par lequel la puiſſance agit, continue d'être le même, à meſure que la direction de la puiſſance paſſe de la ſituation *c p* à celle *k x* : car la diſtance des chevaux ou des bœufs, &c. eſt ſi grande à proportion de la hauteur de l'obſtacle, qu'il n'eſt pas néceſſaire de regarder le point *x* comme élevé au-deſſus de l'horizon ; cependant ſi les cheyaux tirent un peu en haut, chaque avancement de la ligne de direction de la puiſſance vers le point *x*, en ſera une ſituation plus avantageuſe.

On voit par cette derniére conſidération, que lorſqu'une roue comme C *l q* paſſe ſur un obſtacle comme *m d* ou *n g*, on doit la conſidérer comme roulant ſur un plan incliné tel que *q d* ou *q g*, dans lequel la puiſſance tirant horizontalement (comme dans le cas du coin) agit uniformément, & cela en raiſon de la baſe à la hauteur ; étant ici néceſſaire que la puiſſance agiſſe avec plus de force au commencement qu'à la fin.

12. [50 — *On verra dans les notes combien la puiſſance doit être augmentée, à proportion de l'angle que ſa ligne de direction fait avec le plan.*] Tout cela a été examiné à fond dans la 7e Note ſur cette Leçon.

13. [62 — *On ne ſe ſert pas de ce filet dans le bois, mais dans le fer & dans les autres métaux : il eſt d'un bon ſervice, étant communément de plus de durée, & élevant le poids avec plus de facilité que le filet tranchant, comme on le verra mieux dans les Notes.*] On ne ſe ſert que rarement ou preſque

NOTES sur la III. Leçon.

jamais dans le bois de filet quarré, parce que les parties élevées de la vis, comme P, N, L, H, Q, O, M, K, J (*Planche* 11. *Figure* 11.) n'auroient pas plus de force que la cohésion latérale des fibres du bois, pour une longueur fort petite, & qui ne seroit pas plus grande que l'épaisseur du fil de tous les côtés ; en sorte que dans les grands efforts, l'arbre *a b d c* seroit séparé de son fil de tous les côtes, & ainsi il laisseroit aller ce que l'on vouloit lui faire soutenir. Mais pour prévenir cet inconvénient, on rend l'écroüe de la vis aigue auprès de l'arbre imaginaire ou du cylindre renfermé dans la vis, ce qui épaissit le fil de la vis auprès de l'arbre ; il faut donc en conséquence qu'il se termine en pointe tranchante à l'extérieur. On peut voir cela dans la 14e. *Figure*, où à la place du creux B A C D, on a *b a d*.

Planche 11. Figures 11 & 14.

Quoique par ce moyen la vis à fil tranchant soit plus forte dans le bois, elle est plus foible dans les métaux, où le fil est communément fin ; car si la vis mâle & femelle ne se joignent pas exactement, mais qu'elles ayent un peu trop de jeu, le fil tranchant de l'une coupera & emportera celui de l'autre ; au lieu que dans le fil quarré, quoiqu'il y ait un peu de jeu, les filets ne s'usent pas extraordinairement, le plat portant sur le plat. Outre cela dans le fil tranchant le poids fait plus d'effort pour descendre, (& par conséquent résiste avec plus de force) que dans le fil quarré ; parce qu'outre l'effort du poids pour glisser en arriére sur le plan incliné qui forme l'élevation de la vis (ce qui a déja été expliqué dans la discription du plan incliné & du coin) il fait aussi un effort pour descendre le long d'un autre plan (tel que *a d*, *Figure* 14.) lequel forme le tranchant de la vis, & par conséquent la puissance doit être augmentée à cet égard.

Pour estimer quelle est la force du fil tranchant pour soutenir le poids eu égard à son inclinaison, nous examinerons la vis C D F E M, (*Planche* 16. *Figure* 1.) en supposant qu'elle éleve un écroüe avec tout le poids, laquelle doit presser par conséquent sur le fil de la vis qui est ici représenté en C J K P G H, &c. & que nous réduirons toute à la pression sur le point P. Maintenant si l'on décompose la force W P qui represente la pression du poids en bas, en deux autres forces W A & W B, dont la premiere représente la force qui agit contre le penchant A D, & la seconde, celle par laquelle le poids fait effort pour glisser le long de A D sans le presser ; on verra clairement (puisque l'action & la réaction sont egales) qoe le fil tranchant incliné n'éleve le poids qu'avec la force représentée par A W, pendant que la force restante, qui est W B le porte en bas dans la direction A D, tirant par ce moyen le côté opposé du fil de l'écroüe, pour qu'il presse plus fortement contre le fil de la vis en C, M, & E, &c. En sorte que si le poids ne s'éleve pas perpendiculairement (comme il arrive souvent) il y aura une grande augmentation de frottement sur le côté supérieur de la vis.

Planche 16. Figure 1.

Le frottement de la vis dépendant de plusieurs causes, nous l'examinerons dans un autre endroit.

14. [70 — *Ceux qui prétendent avoir trouvé le mouvement perpetuel, ou ceux qui promettent par leurs machines de plus grands effets qu'il ne convient à la proportion réciproque entre l'intensité des puissances & des poids avec leurs*

NOTES sur la III. Leçon.

vîteſſes.] VERS l'an 1720 & 1721 le feu *Jean Rowley* Conſtructeur d'Inſtrumens de Mathématique fit tant de bruit de la rouë qu'il avoit vûë à *Heſſe-Caſſel*, (qu'il croyoit être un mouvement perpetuel, auſſi-bien qu'un grand nombre de perſonnes dans ce pays-là) que non-ſeulement la troupe ordinaire des *hommes à mouvement perpetuel*, qui paroît dans chaque ſiécle, mais encore quelques perſonnes qui avoient beaucoup d'eſprit, firent des tentatives pour en venir à bout, & furent même encouragées par quelques grands Mathématiciens, qui voyant le devis qu'on leur préſenta, déclarerent qu'ils ne voyoient aucune raiſon qui empêchât que ce ne fût un mouvement perpetuel. Mais comme je me ſuis toujours déclaré contre tous les projets qui tendent à ce but, je fus prié dans le même tems de publier les raiſons que j'avois pour dire que la choſe me paroiſſoit impoſſible ou impraticable ; c'eſt ce que je fis dans les *Tranſactions Philoſophiques*, nombre 369, d'une maniére à décourager ceux qui voudroient faire de pareilles tentatives, où l'on a perdu tant de tems & d'argent. Je fais ici réimprimer tout ce détail ; mais je prie le Lecteur de jetter auparavant un coup d'œil ſur ce que j'ai dit dans la Note 4e, Expérience troiſiéme.

On a tant fait de bruit en dernier lieu ſur la rouë de Heſſe-Caſſel *faite par M.* Orfireus *& nommée par l'Auteur*, mouvement perpetuel, *& l'on a tant parlé de ſes merveilleux* phénomenes, *qu'un grand nombre de gens ont crû que c'étoit une machine qui ſe mouvoit actuellement d'elle-même, & qu'en conſéquence ils ont tenté de l'imiter. Mais comme on perd beaucoup de tems & d'argent dans ces ſortes d'entrepriſes, j'ai été bien aiſe (en faveur de ceux qui font des expériences dans cette vûë) de faire voir que le principe ſur lequel la plûpart s'appuyent eſt faux & ne peut en aucune maniére produire le mouvement perpetuel.*

Ils prennent pour principe accordé, que ſi un poids deſcendant dans une rouë à une diſtance déterminée du centre, s'en approche plus lorſqu'il monte, ce poids dans ſa deſcente ſera toujours prépondérant, & fera monter un poids égal, pourvû que ce poids s'approche plus du centre à meſure qu'il monte ; & en conſéquence, à meſure que le premier poids s'éleve lui-même, il ſera contre-balancé par un autre poids égal : & ainſi on cherche par différentes inventions de produire cet effet, comme ſi le mouvement perpetuel en devoit être une conſéquence infaillible.

Mais je vais faire voir qu'ils ſe trompent dans un cas particulier du Théoreme général, ou plûtôt ils en prennent un Corollaire pour le Théoreme même. Voici le Théoreme : *Si un poids dans ſa chûte (par quelque invention) fait monter un autre poids avec un moindre* moment *ou quantité de mouvement qu'il n'a lui-même, il ſera prépondérant, & fera monter l'autre poids.*

COROLLAIRE I.

DONC ſi les poids ſont égaux, le poids qui deſcend doit avoir plus de vîteſſe que celui qui monte, parce que le *moment* eſt compoſé de la vîteſſe multipliée par la quantité de matiére.

COROLLAIRE II.

Notes sur la III. Leçon.

COROLLAIRE II.

Donc si des poids égaux sont attachés à un levier ou à une balance, ou suspendus à leurs extrémités, & que les *bras* soient tant soit peu inégaux, le poids qui est le plus éloigné du centre, sera prépondérant.

SCHOLIE.

Ce second Corollaire cause la mépriſe, parce que ceux qui croyent que la vîteſſe du poids eſt la ligne qu'il décrit, s'attendent que le poids qui décrira la plus courte ligne, ſera contrebalancé, & en conſéquence ils imaginent des machines pour faire enſorte que le poids qui monte, décrive une ligne plus courte que celui qui deſcend. Par exemple, dans le cercle A B B *a* (*Planche* 16. *Figure* 2.) les poids A & B étant ſuppoſés égaux, on s'imagine que ſi par une invention quelconque, il arrive que pendant que le poids A décrit l'arc A *a*, le poids B eſt porté dans un arc, tel que B *b*, de maniere qu'il s'approche plus du centre en montant, que s'il décrivoit l'arc B D; ce poids B ſeroit ſurmonté par le poids A, & par conſéquent un nombre de poids ſemblables produiroit un mouvement perpetuel. Planche 16. Figures 2. 4.

On a tenté d'en venir à bout par différentes inventions, qui dépendent toutes de ce faux principe; je n'en rapporterai ici qu'une ſeule, qui eſt repreſentée par la *Figure* 4. ou une rouë avec deux circonférences paralléles à tout l'eſpace entre les deux diviſé en cellules, leſquelles étant courbées, ſeront cauſe (lorſque la rouë tourne circulairement) que les poids placés librement dans ces cellules, deſcendront du côté A A A vers la circonférence extérieure de la rouë, & qu'ils monteront du côté D dans la ligne B *b b b*, qui s'approche du centre, & qui touche la circonférence intérieure de la rouë. Il eſt vrai que dans une machine de cette eſpece, les poids doivent ſe mouvoir de cette maniere, ſi la rouë tourne circulairement; mais ils ne produiront jamais le mouvement circulaire de la rouë. Le Marquis de *Worceſter* fait mention d'une machine ſemblabe dans ſa *Centurie d'inventions*, N°. 56. en ces termes :

» Faire enſorte que tous les poids du côté deſcendant d'une roue, ſoient » toujours plus éloignés du centre que ceux du côté montant, & qu'ils ſoient » encore égaux en nombre avec autant de poids tant d'un côté que de l'autre. » La choſe ſeroit tout-à-fait incroyable, ſi on ne l'avoit pas vûe; mais on en » fit l'expérience dans la mer ſous ma direction, en préſence du feu Roy, » (d'heureuſe mémoire) de deux Ambaſſadeurs Extraordinaires qui accom- » pagnoient Sa *Majeſté*, du Duc de *Richmond*, & du Duc *Hamilton*, avec » toute la Cour qui les accompagnoient. La roue avoit quarante pieds de » hauteur, & portoit quarante poids de 50 livres chacun. *Guillaume* » *Balfore*, Lieutenant, de la tour, & pluſieurs autres peuvent l'atteſter. » Ils virent tous qu'auſſi-tôt que ces grands poids eurent paſſé le diametre » de la ligne du côté le plus bas, ils furent ſuſpendus à un pied plus près » du centre; & qu'auſſi-tôt qu'ils eurent paſſé la ligne diametrale du côté » ſupérieur, ils furent ſuſpendus à un pied plus loin. On peut juger des » conſéquences.

NOTES sur la III. Leçon.

Mais l'effet de cette machine, & des autres semblables, n'est rien moins que le mouvement perpetuel ; l'erreur consiste en ceci : La vîtesse d'un poids n'est pas la ligne qu'il décrit en général, mais la hauteur où il s'éleve, ou celle de sa chute, eu égard à sa distance au centre de la terre. De sorte que lorsque le poids (*Figure* 2.) décrit l'arc A *a*, sa vîtesse est la ligne A C, qui marque sa chute perpendiculaire (ou qui mesure de combien il s'est approché du centre de la terre) & de même la ligne B C marque la vîtesse du poids B, ou la hauteur à laquelle il s'éleve, lorsqu'il monte par un des arcs B *b*, au lieu de l'arc B D ; de sorte que dans ce cas, soit que le poids B en montant soit conduit auprès du centre ou non, il ne perd rien de la vîtesse qu'il doit avoir, pour être élevé par le poids A. Et même ce poids en s'élevant plus près du centre d'une rouë, non-seulement ne perd rien de sa vîtesse, mais il en gagne encore à proportion de la vîtesse des poids qui le contrebalancent, & descendent dans la circonférence du côté opposé de la rouë : Car si nous considérons deux rayons de la rouë, l'un horizontal, & l'autre (attaché au premier, & se mouvant avec lui) incliné sous l'horizon par un angle de 60 dégrés (*Fig.* 3.) & si par la descente de l'extrémité B du rayon B C, l'autre rayon C D par son mouvement fait monter le poids qui est en D dans la ligne *p* P, qui est dans un plan qui empêche que ce poids ne monte dans la courbe D A, ce poids gagnera de la vîtesse, & au commencement de son élevation, il aura le double de la vîtesse du poids en B ; & par conséquent au lieu d'en être élevé, il surmontera l'autre poids, s'il lui est égal. Et cette vîtesse sera d'autant plus grande à proportion que l'angle A C D est plus grand, ou que le plan P *p* (le long duquel le poids D doit s'élever) est plus proche du centre. Certainement si le poids en B (*Figure* 2.) pouvoit par quelque moyen être élevé en B, & se mouvoir dans l'arc *β b*, on arriveroit au but proposé, parce qu'alors la vîtesse seroit diminuée, & deviendroit *β* C.

Planche 16. Figures 2. 3.

EXPE'RIENCE.

PRENEZ le levier B D C fig. 3. dont les bras sont égaux en longueur, & forment un angle de 120°. en C, étant mobiles autour de ce point comme centre : en ce cas un poids de 2 livres suspendu à l'extrémité B de la partie horizontale du levier, tiendra en équilibre un poids de 4 livres suspendu à l'extrémité D ; mais si un poids d'une livre est placé sur l'extrémité D du levier, ensorte que dans le mouvement de D le long de l'arc *p* A, on fasse élever ce poids contre le plan *p* P, (qui divise par le milieu la ligne A C égale à C B) ce poids tiendra en équilibre 2 livres en B, ayant le double de la vîtesse de B, lorsque le levier commence à se mouvoir. On verra cela clairement, si l'on laisse le poids 4 suspendu en D, pendant que le poids 1 est au-dessus de lui : car si alors on fait mouvoir le levier, le poids 1 s'élevera 4 fois aussi vîte que le poids 4.

Planche 12. Figure 3.

15. [80. — *Le poids & la potence reculeroient, & ne seroient en repos que sur W*, &c.] Dans la 3e. *Figure* de la *Planche* 12, C G *r g s* représente le haut de la potence avec sa poulie à son extrémité *r*, & son centre (ou le sommet de son aissieu) en C. On doit observer ici que la partie horizontale

Notes sur la III Leçon.

Cr de la corde, eſt paralléle à la ligne Cr (qui eſt en-deſſous) dans la potence. Or s'il étoit poſſible à la corde de continuer d'être paralléle à cette ligne Cr dans le milieu du haut de la potence, pendant qu'elle ſe meut à gauche ſucceſſivement dans les ſituations C6, C7, C8, ou à droite dans les ſituations C1, C2, C3, C4, C5, la perſonne qui pouſſe ou dirige la corde attachée à l'extrémité auprès de g, conduiroit le poids en chaque endroit du quay, ſans y trouver aucune autre fatigue, que celle qui eſt néceſſaire pour ſurmonter le frottement de l'aiſſieu de la potence. Mais lorſque les poulies P & Q ſont placées en p & q, la ligne du milieu de la potence avance vers P & Q plus vîte que ne fait la corde, qui étant obligée de ſe rouler autour des poulies, fait un angle avec cette ligne; comme par exemple, l'angle $p8n$ du côté gauche, & $q4t$ du côté droit, cet angle étant d'autant plus grand, que la potence eſt plus tirée en arriere vers la gruë ſur le quay. La conſéquence de cela eſt, que le poids (dans ce mouvement de la potence) doit s'élever à proportion que la corde eſt allongée. En ſe roulant autour de la poulie, ou à proportion de $Cp8$ à C8 à gauche, & de $Cq4$ à C4 à droite. Or ſi l'excès de la corde allongée par-deſſus la ligne du milieu du haut de la potence, eſt (par exemple) un dixiéme du tout, la perſonne qui retient la potence par le moyen d'une corde, dans une poſition qui produit cette différence, doit ſoutenir la dixiéme partie de tout le poids, c'eſt-à-dire, 224 liv. par tonneau, ce qui eſt un poids trop grand pour un homme qui eſt ainſi employé à faire mouvoir la potence. Mais comme cette force du poids augmente par degrés en tirant circulairement la potence, elle trompe l'homme qui tire la corde; & lorſque par un grand effort il a conduit le poids à un certain point, il eſt ſouvent forcé de l'abandonner, dès qu'il n'a plus la force pour le ſoutenir; ce qui eſt quelquefois d'une conſéquence, tant pour ceux qui chargent ou qui déchargent, que pour les marchandiſes qu'on éleve.

Planche 12. Figure 3.

Pour prévenir ces inconvenients, les Ouviers ont placé les poulies dans une ſituation différente, ſçavoir dans la ſituation P, Q; enſorte qu'en tournant la potence à main droite, l'homme qui conduit, ne ſent aucune partie du poids, juſqu'à ce que la potence ſoit arrivée au-delà de C4 à droite, & au-delà de Cc à gauche. Mais il réſulte de cette conſtruction un autre inconvenient, qui eſt le contraire de celui que nous avons examiné; c'eſt que le poids deſcend, & par conſéquent entraîne la potence, & la fait tourner; ce qui (n'étant pas prévû) peut de même être dangereux. Comme ces inconvenients ſont plus ſenſibles dans les grands poids, M. *Padmore* de *Briſtol* faiſant une gruë pour M. *Allen*, Maître de Poſte de *Baſle*) qui devoit élever une pierre d'une carriere, inventa une application du *tour*, qui fit évanouir ce danger & cet inconvenient.

Dans la premiere *Figure*, *Planche* 12, x eſt une rouë avec des rayons, dont l'aiſſieu xu porte un pignon en u, qui prend les dents d'une rouë de champ horizontale, arrêtée à l'aiſſieu de la potence; par ce moyen un homme ſaiſiſſant les rayons de la roue, a un tel avantage par le moyen des longs bras de cette rouë, qu'il peut mouvoir l'aiſſieu de la potence avec beaucoup de facilité, malgré les inégalités dont on a parlé, & ſoutenir auſſi la potence dans toutes les poſitions ſans difficulté.

Planche 12. Figure 1.

NOTES sur la III. Leçon.

Le même Ouvrier ingénieux a perfectionné notablement une autre gruë bornée par le bord de la riviere, & par le moyen de laquelle M. *Allen* porta ſes pierres dans les navires à meſure qu'ils venoient pour les prendre.

La gruë en elle-même n'a rien de particulier, mais c'eſt une gruë de la ſeconde eſpece (ou à queuë de rat) avec un double *tour* & deux manivelles, en ſorte que par leur moyen quatre hommes peuvent élever de fort grands poids; tournant enſuite toute la gruë autour de ſon arbre vertical, on peut la fixer dans toutes les poſitions, & abaiſſer promptement les poids dans des bateaux ou barques qui s'approchent plus du quay pour les recevoir. Voyez la 5e. *Figure* de la *Planche* 16, dans laquelle vous pouvez obſerver qu'elle différe de celle qui eſt repreſentée dans la *Planche* 12. *Figure* 4. en ce que le long col de la gruë eſt ici d'une ſeule piece, & que la puiſſance y eſt différemment appliquée. Mais cette conſtruction n'eſt pas nouvelle. Ce n'eſt pas auſſi une invention nouvelle pour faire deſcendre les marchandiſes, après que la gruë les a élevées, de preſſer un arc de cercle fortement contre une roue fixée au principal aiſſieu, afin de retarder & de regler la chute par un frottement augmenté ou diminué à volonté, comme on le fait pour arrêter les moulins à vent. Le cliquet qui empêche la gruë ou le cabeſtan de reculer, eſt auſſi d'un uſage commun. Mais je ne ſçache pas que perſonne avant M. *Padmore* ait appliqué ces deux inventions tout à la fois à la même gruë, enſorte qu'elles dépendent l'une de l'autre, quoique pluſieurs Ouvriers ayent dans la ſuite ſuivi ſon exemple. Ainſi je vais donner une deſcription particuliere de cette invention, dont le but principal eſt de prévenir les grands malheurs qui arrivent ſouvent par la négligence des hommes employés à élever & à abaiſſer de grands poids par l'uſage de la gruë. La *ſixiéme Figure de la Planche* 16. repréſente une ſection verticale de la partie de la gruë où cette invention eſt appliquée.

Planche 16. Figure 6.

A B eſt la grande roue dont le grand aiſſieu A ſe mouvant ſur deux chevilles de fer telles que *a*, reçoit la corde ou la laiſſe tomber en bas, ſelon qu'elle eſt tournée par le moyen des manivelles attachées en C à la plus petite roue ou pignon C, ou ſelon qu'on la laiſſe tourner de l'autre côté par la peſanteur du poids qui deſcend, lorſque tous les obſtacles ſont écartés. Sur l'aiſſieu du pignon eſt fixée la roue à crochet D *d*, dont les dents reçoivent ſucceſſivement le cliquet de fer *f* F (mobile ſur une cheville en F ſur la piece de fer G, & s'élevant dans le beſoin par le moyen du fer vertical H *h*) pour empêcher le poids de reculer lorſqu'on a détaché les manivelles. Sur le même aiſſieu derriere la roue D *d*, il y a une roue de bois E *p*, ſur laquelle eſt ſuſpendu le demi anneau de fer O P *o*, avec une rainure ou un trou qu'on y fait pour arrêter la circonférence de cette roue, enſorte que ſon mouvement en ſoit retardé, ou arrêté, ou en quelque maniere reglé, (& par conſéquent le mouvement de l'aiſſieu & du pignon C, & de la grande roue avec ſon aiſſieu A B, qui porte la corde V A) ſelon qu'il eſt plus ou moins fortement preſſé en bas pour produire un frottement ſur le bois, à meſure qu'il ſe meut après que le cliquet a été élevé & dégagé des dents de la roue à rochet. Le levier horizontal K L conduit tous ces mouvements de la maniere ſuivante: Lorſque la corde Q *q* K, attachée à ce levier en K, eſt tirée en bas, le levier ſe mouvant ſur ſon

centre M, élevé par une cheville horizontale fixée à angles droits à son côté en J, la piece *H h*, & par conséquent dégage le rochet en élevant le cliquet en *f*, & le tirant de la denture : alors le poids descend promptement, en faisant mouvoir circulairement par sa force la roue & son pignon ; mais pour empêcher qu'il ne descende trop vîte, celui qui tient la corde Q *q* K pousse le levier en haut un peu plus fortement, ce qui pousse en bas l'extrémité opposée L de ce levier, & par conséquent le fer N, & ce fer est poussé assez bas pour forcer l'anneau demi-circulaire O P *o* à presser fortement sur la roue E *p* ; ce qu'il ne faisoit pas lorsque le cliquet étoit élevé précisément hors du rochet. N. B. *Une forte impulsion arrête tout le mouvement, & une impulsion plus douce rend la descente réguliere.* Si le Conducteur de la machine est négligent, & lâche la corde Q *q* K ; d'abord le ressort S *s*, dont le bout *s* a été abaissé par l'extrémité L du levier, remonte de nouveau (par le moyen de sa cheville laterale X) & rétablissant tout le levier dans sa premiere position horizontale, l'autre cheville latérale J dans le long bras M K du levier, pressera à travers la coche H sous J, l'extrémité inférieure de la piece verticale H *h*, & ainsi elle fera tomber le cliquet F *f* dans la roue à rochet en *f* ; la piece courbée O P *p* s'élevera en même-tems, & ne pressera plus la roue de bois E *p*.

NOTES sur la III. Leçon.

Planche 16. Figure 6.

Par ce moyen il n'arrivera jamais aucun malheur en conséquence de la négligence du Conducteur, à cause du cliquet ; le poids ne descendra pas non plus par secousses, ce qui seroit arrivé, si l'on avoit employé le cliquet sans le demi-anneau, parce qu'il est entierement dégagé du rochet, lorsque le demi-anneau est descendu & appliqué à la roue de bois en tirant la corde en Q. N. B. T, t1, t2, *est une partie de la coupe verticale de la charpente du chassis.*

Pour rendre ceci plus clair, examinons la 7e. *Figure* de la *Planche 16*, où nous avons une section horizontale des parties précédentes. B B est la grande roue dont l'aissieu qui roule la corde est marqué A A A A, & son aissieu de fer qui passe dans des crapaudines de fonte en *a*, *a*. C *c* est la petite roue ou pignon dont l'aissieu est *c c*. D *d* est la coupe de la roue à rochet qui est de fer. Entre les lignes ponctuées A *p* & E *i*, on suppose la roue de bois sur l'aissieu du pignon, (on ne l'a pas tracé ici, pour éviter la confusion, non plus que la piece de fer demi-circulaire qui presse cette roue, & qui est marquée O P *o* dans la derniere Figure) dont le soutien vertical fixé à leur base, est représenté par R, & le bout de la piece qui tire en bas le demi-cercle dans le besoin est marqué en N. K L est le levier horizontal, dont le centre est en M, se mouvant verticalement par la traction de la corde qui lui est attachée en K. J *i* est la premiere cheville latérale du levier, qui en J passe à travers le bas de la piece H, laquelle éleve le cliquet F *f*, qu'on a déja décrit avec son support en G, au haut duquel le cliquet se meut sur une cheville centrale. A *p* A est la seconde cheville latérale du levier, dont la fonction est de presser sur le bout *s* du ressort courbé S *s* attaché au bas du chassis vers l'extrémité la plus éloignée S. Ensorte que lorsque le bout K du levier est tiré en haut, le bout L qui est abaissé, doit s'élever de nouveau, & reprendre sa place par la force du ressort qui se rétablit de lui-

Planche 16. Figure 7.

NOTEL sur la III. Leçon.

N. B. *La figure courbe du reſſort, & la maniere dont il éleve la cheville ſe voit mieux dans la derniere Figure.*

Il y a une invention délicate d'une roue de chariot inclinée en charpente pour porter en bas les pierres de la carriere de M. *Allen*, au bord de la riviere, à la diſtance d'environ un mille, dans des chariots qui deſcendent le long du panchant par leur propre gravité ſur une route artificielle, comme font les voitures de charbon auprès de *Newcaſtle.* Mais cette route de chariots eſt entierement différente de celles du nord, chaque partie étant notablement changée en mieux, & les voitures imaginées d'une façon à porter beaucoup plus de poids ſans danger. *Je n'oublierai pas la deſcription de cette invention, où M.* Allen *& ſes Ouvriers ont fait paroître beaucoup d'adreſſe & d'ingénuité, & je la donnerai dans une autre partie de ce Livre.*

LEÇON IV.

Sur le Frottement des Machines.

Leçon IV.

CE que j'ai dit juſqu'à préſent dans les trois premiéres Leçons & dans leurs Notes, ſuffit pour expliquer les Principes de la Méchanique (proprement dits) autant qu'il le faut pour mettre en état de travailler ceux qui ont du génie, & qui aiment la pratique des Arts; mais comme ils tomberoient dans des erreurs conſidérables, s'ils n'avoient pas égard aux frottements autant qu'il convient, & s'ils ne ſçavoient pas trouver (à fort peu près) quel eſt le frottement dans les Machines déja faites, & quelle doit en être la quantité dans celles qu'ils ſe propoſent de faire; je crois qu'il eſt à propos de donner ici une Leçon * ſur ce que j'ai pû découvrir de la nature du frottement, en liſant tous les Mémoires que j'ai pû rencontrer ſur ce ſujet, en répétant pluſieurs expériences déja faites, pour en mieux conſidérer les circonſtances; & pour voir ſi on les a rapportées fidélement, & en faiſant auſſi moi-même un grand nombre de nouvelles expériences.

Quoiqu'il y ait tant de circonſtances dans le frottement des corps, que la même expérience ne réuſſit pas toujours avec les mêmes corps, enſorte qu'on ne peut aiſément en conclure une théorie mathématique, cependant on peut tirer d'un grand nombre d'expériences une théorie qui ſuffit pour nous conduire dans la pratique, en prenant toujours un milieu entre les extrémités.

Premiérement, donc on a obſervé que le bois, le fer, la fonte, le cuivre & le plomb, lorſqu'ils ſont graiſſés ou huilés (comme on le fait dans les machines) ont preſque tous le même frottement, & que par conſéquent la même régle peut s'appliquer à toutes ces ſubſtances. Car quoiqu'on s'imagine d'abord que les métaux doivent gliſſer plus aiſément les uns ſur les autres, parce qu'on peut les rendre plus doux, & qu'ils peuvent prendre un meilleur poli; cependant on a trouvé par expérience qu'en poliſſant beaucoup les ſurfaces planes des métaux ou des autres corps,

* *Pierre van Muſchembroeck*, Profeſſeur à *Leyde*, a fait tant d'expériences ſur le frottement, qu'on ne ſçauroit trop recommander la lecture de ce qu'il a écrit ſur cette matiére, dans ſes *Eſſais de Phiſique*, vol. 1, depuis la page 176. juſqu'à la page 188.

LEÇON IV.

on augmente leur frottement, & c'eſt-là un paradoxe méchanique ; mais on en verra la raiſon, ſi l'on fait réfléxion que l'attraction de cohéſion devient ſenſible à meſure que l'on approche toujours plus de l'attouchement les ſurfaces des corps. Cela paroît évidemment, lorſqu'on tire des plaques de verre l'une ſur l'autre, ce qui demande plus de force que ſi elles étoient de bois, & la même choſe ſe vérifie dans les métaux ; car quoique la preſſion de l'air ait un peu de part à ce phénoméne, cependant l'attraction de cohéſion lui eſt tellement ſupérieure, qu'il n'eſt pas néceſſaire de faire attention aux effets de cette preſſion de l'air dans l'action des parties d'une machine les unes ſur les autres. Il eſt bien vrai que deux marbres plans demeurent attachés l'un à l'autre par la preſſion de l'air extérieur, lorſqu'ayant été huilés pour chaſſer l'air qui étoit entr'eux, on les a fait gliſſer l'un ſur l'autre ; & que lorſqu'on les a ſuſpendus dans le récipient d'une machine pneumatique, ils ſe ſéparent auſſi-tôt qu'on a tiré l'air du récipient.

Mais ſi on les a poli beaucoup, ils reſteront attachés l'un à l'autre, même après qu'on aura entiérement détruit la preſſion de l'air extérieur par la pompe pneumatique. J'ai appliqué l'une contre l'autre les ſurfaces plates de deux petits boutons de criſtal, ſans les mouiller ou les huiler ; elles ſe ſont attachées ſi fortement l'une à l'autre, qu'elles ont ſoutenu le poids de 19 onces *Troy*, avant que de ſe ſéparer, & cependant leur attouchement n'étoit qu'un cercle dont le diametre étoit la 12e. partie d'un pouce : dans ce cas la preſſion de l'air ne peut pas être plus grande que le poids d'une once, parce qu'une colomne d'air dont la baſe circulaire n'a pour diametre que la 12e. partie d'ue pouce, ne peſe pas plus. La même choſe eſt évidente dans les métaux, & plus particuliérement encore dans le plomb ; car deux balles de plomb d'environ une ou deux livres peſant chacune, étant coupées avec un couteau, & appliquées étroitement l'une contre l'autre, enſorte qu'elles ſe touchent par une ſurface d'environ $\frac{2}{10}$ d'un pouce de diametre, elles reſteront tellement attachées, qu'il ne faudra pas moins qu'un poids de 40 ou 50 livres pour les ſéparer, quoique la preſſion en ce cas ne puiſſe pas monter au quart d'une livre. Voyez *les Tranſactions Philoſophiques*, N. 389.

Mais pour revenir à nos Expériences ſur le frottement.

EXPÉRIENCE I.

Planche 13. Figure 18.

C*h* eſt une piéce polie de bois d'un pouce d'épaiſſeur, de 4 pouces

pouces de large, & de six de long, avec un petit crochet dans sa partie antérieure *h*, & pesant six onces. Si on la tire le long d'un plan horizontal représenté par la ligne AB, sur la poulie P, par le moyen du fil HW, le poids W de 2 onces, & celui qui est nécessaire pour vaincre le frottement de la poulie, tirera cette piéce de bois le long de ce plan, soit qu'on la fasse glisser sur sa grande surface & sur son plat comme en *c*, ou sur son épaisseur comme en K, quoique dans ce dernier cas, il n'y ait que le quart de la surface qui touche. Par où l'on voit que *le frottement est égal environ au tiers* * *du poids, & qu'il résulte du poids qui presse toutes les parties ensemble, & non du nombre des parties qu'il touche :* car soit que l'on considére les parties de la surface, comme des ressorts qui doivent être pliés, ou comme de petites éminences sur lesquelles le corps tiré doit être élevé, il est clair que la difficulté sera la même, soit que la surface devienne plus grande ou plus petite, pourvû qu'elle soit pressée en proportion réciproque de sa grandeur : en effet quoique la base de *c* soit quatre fois plus grande que celle de K, chaque pouce en largeur dans la premiére n'est pressé que par un pouce du bois en épaisseur ; au lieu que la surface sur laquelle le bois repose dans la position K, & qui est quatre fois plus étroite, est pressée par une épaisseur du bois de quatre pouces. Donc le frottement, ou ce qui empêche de tirer le corps dans la ligne AB, ne vient pas du nombre des parties qu'il touche, mais de la pression sur la surface touchée, comme on le verra encore plus clairement par l'Expérience suivante.

Planche 13. Figure 18.

* Note 1.

EXPÉRIENCE II.

Planche 13. Figure 18.

SOIT la poulie π (sur laquelle le poids W (= W) tire en long le bois K, lorsqu'il est élevé au niveau de *m*, crochet de K au-dessus de AB) placée en bas au même niveau que P ; alors W = W ne pourra pas tirer K en long sans le secours du petit poids additionnel *q*, parce que la traction faite dans la direction oblique *mp*, est cause que *K* presse plus contre le plan horizontal, que lorsqu'on le tire dans la direction $m\pi$: mais si l'on fixe le crochet en *n*, enforte que la ligne de direction soit paralléle au plan AB, alors le poids W tirera K sans le secours de *q*, comme W tire *c*.

EXPÉRIENCE III.

Planche 13. Figure 19.

SUR la table ou plan horizontal TMNO, faites mouvoir

LEÇON IV.

circulairement un plan circulaire ou platine d'environ deux pieds de diametre, qui porte ſur une pointe au centre C, enſorte qu'elle ne touche pas le premier plan; placez enſuite entre le plan circulaire & la table, un morceau de cuivre ou de plomb tel que A, B ou D, enſorte qu'il preſſe la table de tout ſon poids, & qu'en même-tems (par le moyen d'une pointe qui s'éleve du milieu de ce cuivre) il ſoit porté circulairement avec la platine circulaire, ſous le point A, B ou D. Si le poids de la piéce A eſt de 30 livres, une force égale à 10 livres fera tourner circulairement la platine en la tirant dans la direction A T, lorſque la ſuſdite piéce eſt placée en A ou en D; mais ſi la puiſſance tire dans la ligne B *t* ou E τ tangente au petit cercle B E, il faudra 20 livres pour faire tourner A circulairement: Enfin ſi la puiſſance tire de A vers T dans la tangente du grand cercle A t τ D, pendant que la piéce eſt fixée en B, alors une force de 5 livres fera mouvoir circulairement la platine.

Planche 13. Figure 19.

Cela fait voir que le frottement augmente lorſque les parties qui frottent ſe meuvent plus vîte, & qu'il décroit lorſqu'elles ſe meuvent plus lentement que la puiſſance. On peut donc dire que *les réſiſtances qui viennent du frottement, ſont entr'elles en raiſon compoſée des preſſions des parties qui frottent, & des tems ou des vîteſſes de leurs mouvemens.*

Lorſqu'on place un corps poli ſur un plan incliné, il doit, ſelon les loix de la Méchanique, ne pas y reſter en repos, mais gliſſer en bas. Cependant le frottement étant égal à un tiers du poids, comme on l'a déja fait voir, le corps K (*Planche* 13. *Figure* 20.) placé ſur un plan incliné, ne gliſſera pas en bas, ſi la perpendiculaire A C n'eſt pas le tiers de la longueur A B du plan, parce qu'alors la tendance du corps en enbas dans une ligne paralléle à A B, eſt égale à un tiers du poids de ce corps.

Planche 13. Figure 20.

On voit par-là combien il eſt néceſſaire de conſidérer le frottement dans les productions méchaniques; comme par exemple, ſi l'on veut tirer une poutre A B (*Planche* 17. *Figure* 1.) couchée ſur le terrein élevé D *c*, en ſe ſervant d'une puiſſance P dans la direction A P, paralléle à D *c*; lorſque l'élevation A *a* du plan ſur la ligne horizontale H *h*, eſt un 30e. de A *c*, une puiſſance égale à un 30e. du poids, ſeroit capable de le tîrer le long de ce plan, ſelon les loix de la Méchanique, en faiſant abſtraction du frottement, & par conſéquent un peu plus de 100 liv. tireroient une poutre de 3000 livres le long du plan A *c*: mais comme le

Planche 17. Figure 1.

frottement eſt égal à un tiers du poids, il nous faut une puiſſance égale à 100 livres + 1000 livres, avant que de pouvoir tirer la poutre en long, ſi le plan eſt auſſi poli qu'un plancher de marbre. Mais le long du terrein, où la terre la plus unie eſt toujours rude, il faut une force beaucoup plus grande. M. *Amontons*, de l'Académie Royale des Sciences à Paris, trouve qu'une force égale à 2250 livres, ſuffiroit à peine pour tirer une telle poutre ſur une montagne qui auroit le panchant dont on vient de parler. LEÇON IV.

EXPÉRIENCE IV.

SOIT AB un cylindre de bois d'un pouce de diametre, adouci & bien poli, qui tourne librement ſur deux ſupports S*s*, également adoucis, bien polis & graiſſés. Lorſqu'à chaque bout d'un fil de ſoye ou d'une corde qui paſſe ſur ce cylindre, ou qui eſt roulée tout-au-tour deux ou trois fois, (car cela ne fait point de différence ſi les parties de la corde ne ſe touchent pas mutuellement) on ſuſpend un poids de 9 livres, ces deux poids reſteront en *équilibre*. Enſuite ajoutant différents poids au poids P de 9 livres, qui ſert ici de puiſſance, pour trouver exactement combien il en faut ajouter pour élever le poids W, qui n'eſt auſſi que de 9 livres, ce poids ne ſera élevé, & le cylindre ne tournera que lorſque P & tous les poids ajoutés font enſemble 18 livres. Cela eſt conforme à ce qu'on a fait voir ci devant par la premiere Expérience de cette Leçon. Car comme tout le poids qui preſſe le cylindre ſur ſes ſupports, eſt W + P, ou 18 livres, il faut ajouter 6 livres à P, pour ſurmonter ce frottement; mais ce poids additionnel augmente encore le frottement de deux livres, qui eſt le tiers de ſa preſſion; il faut donc ajouter encore 2 livres pour ſurmonter ce frottement; mais le frottement de ces 2 livres exige encore les $\frac{2}{3}$ d'une livre, & ainſi de ſuite dans la progreſſion des fractions, comme $\frac{2}{9} + \frac{2}{27} + \frac{2}{81}$, &c. Or, comme on n'a pas conſidéré le poids du cylindre même, le meilleur moyen d'y avoir égard, pour ſon propre frottement, s'il n'eſt pas fort peſant, eſt de doubler la puiſſance tout-à-la-fois, comme on voit dans la *Figure* 4. *Planche* 17, où A repréſente la coupe du cylindre précédent. Planche 17. Figures 2, 3 & 4.

Si le cylindre a des tourillons ou un petit aiſſieu comme celui

LEÇON IV.

qui eſt repréſenté dans la *Figure* 3, il ſera mû d'autant plus aiſément ſur ſes ſupports, que le diametre de l'aiſſieu en G & *g*, ſera plus petit que celui du cylindre *ab*; comme ici le poids ajouté à *p*, ne doit être que de 1 $\frac{1}{2}$ liv. lorſque le diametre de l'aiſſieu n'eſt que $\frac{1}{6}$ d'un pouce, parce qu'alors les parties qui frottent ſe meuvent plus lentement que la puiſſance, en cette proportion, conformément à ce qu'on a faît voir par la 3e. Expérience de cette Leçon. La 4e. *Figure* repréſente la coupe du cylindre en *a*, & de ſon aiſſieu en *g*.

Planche I. Figures 2, 3 & 4.

Par-là nous pouvons connoître quelle eſt la différence entre l'uſage des traineaux & des charrétes pour tranſporter des marchandiſes peſantes. Si le terrein étoit parfaitement uni comme un pavé de marbre, il faudroit un tiers de la péſanteur du traineau, & de tout ce qu'il porte, pour le tirer; * mais comme dans la pratique on ne trouve point de plan ſemblable, (& que ſi l'on pouvoit en trouver, les chevaux ne pourroient pas bien tirer ſur un pavé gliſſant) il faut toujours avoir une puiſſance plus grande que le tiers du poids. Mais dans une charréte, ſi la rouë a ſix pieds de hauteur, & que le trou dans le moyeu qui reçoit l'extrémité de l'aiſſieu, ait 4 pouces, le frottement diminuera 18 fois; donc une puiſſance égale à $\frac{1}{54}$ partie du poids, ſera capable de la tirer ſur un plan horizontal, parce que la 18e. partie de $\frac{1}{3}$, eſt = $\frac{1}{54}$. On ne doit donc employer les traineaux que dans le cas où les ruës ſont trop étroites pour les charrétes, & où l'on eſt obligé de mettre deſſus les marchandiſes, en petits ballots, & de les en retirer ſouvent, pour la commodité des hommes; mais les chevaux doivent travailler avec plus de force. Cela fait voir auſſi que les grandes rouës dans les voitures ſont préférables aux petites, en ce qu'elles ont moins de frottement, outre les avantages méchaniques que nous y avons trouvé dans un autre endroit; quoiqu'il ne ſoit pas toujours à propos d'en faire uſage, comme par exemple, dans les charrétes de bierre, les grandes rouës ne ſont pas commodes, à cauſe de la néceſſité de charger ou de décharger ſouvent.

* Note 2.

Pour réduire tout ceci à la pratique, il faut obſerver les Régles ſuivantes du calcul du frottement des Machines.

RE'GLE I.

EN examinant tous les frottemens, i faut commencer

par celui qui eſt le plus près de la puiſſance mouvante. LEÇON IV.

RE'GLE II

POUR trouver le premier frottement, il faut conſidérer les eſpaces parcourus dans le même tems par la puiſſance & par la partie qui frotte, & prendre en conſéquence une partie proportionnelle des $\frac{2}{3}$ de la puiſſance. Par exemple, dans les vîteſſes égales de la puiſſance & de la partie qui frotte, le frottement eſt $\frac{1}{3}$ de la preſſion qui ſe fait non-ſeulement par la puiſſance, mais encore par la réſiſtance qui lui eſt égale; & par conſéquent le tiers de toute la preſſion doit être égal aux deux tiers de la puiſſance.

RE'GLE III.

SI la puiſſance eſt inconnuë, il faut commencer par la trouver en connoiſſant la vîteſſe du poids, d'où l'on tirera celle de la puiſſance par les principes méchaniques : enſuite cherchant le frottement par la régle précédente, on l'ajoutera à la puiſſance pour faire agir la machine ; obſervant toujours que ce qui a été ajouté pour le frottement trouvé, produit un nouveau frottement, & que par conſéquent il faut ajouter encore quelque choſe pour l'augmentation du frottement, produite par chaque nouvelle addition à la puiſſance.

N. B. *Il faut ſe ſouvenir, comme on l'a déja dit ci-devant, que ſi la puiſſance eſt un corps peſant, ſa vîteſſe conſiſte dans ſon élevation, ou dans ſa chute perpendiculaire ; mais ſi elle eſt d'une autre eſpéce, ſa vîteſſe conſiſte dans l'eſpace qu'elle parcourt.*

RE'GLE IV.

Le frottement des différentes parties d'une machine, quelque éloignées qu'elles ſoient de celle où la puiſſance eſt appliquée, peut ſe trouver en comparant leurs vîteſſes avec celle de la puiſſance, d'où l'on tirera le frottement, comme on l'a fait voir; & lorſqu'on aura trouvé les frottements particuliers, & qu'on les aura ajoutés enſemble, leur valeur ajoutée à la force mouvante ne la rendra pas capable de ſurmonter la réſiſtance dans une machine compoſée, non plus que dans une machine ſimple ; car cette addition ajoute un frottement à chaque partie qui frotte, & ainſi

LEÇON IV. l'on doit encore augmenter la puiſſance, comme on l'a fait voir dans la derniére Régle. Un exemple éclaircira ces deux cas.

Planche I. Figures 5, 6.

SOIT le diametre AB d'un *tour*, de trois pieds, & celui *ab* de ſon aiſſieu ſeulement de ſix pouces; donc ſi la puiſſance P eſt = 108 livres, le poids ou réſiſtance W ſera = 648 livres. Ici le frottement ſera de 12 livres, ou $\frac{1}{6}$ de 72 livres, ſi l'aiſſieu eſt porté ſur ſa ſurface, comme dans la *Figure* 2. Maintenant comme 12 eſt $\frac{1}{9}$ de la puiſſance 108, il faut encore ajouter $\frac{1}{9}$ de 12 pour ſurmonter l'augmentation de frottement produite par les 12 livres, ſçavoir 1 $\frac{1}{3}$ livres, & enſuite $\frac{1}{9}$ de cette derniere quantité, & ainſi de ſuite; enſorte que pour ſurmonter la réſiſtance = 648 livres, la puiſſance doit être = 108 + 12 + 1 $\frac{1}{3}$ + $\frac{4}{27}$, &c. livres, ou 12 1 $\frac{1}{2}$ livres. Mais ſi l'aiſſieu a des tourillons de fer C*c* qui n'ayent qu'un pouce de diametre, le frottement ſur ces tourillons ſera ſix fois moindre, la vîteſſe de leur ſurface étant diminuée en cette proportion. Et ſi l'on joint à l'aiſſieu *Ab* une autre rouë DE (*Figure* 6.) qui ait auſſi trois pouces de diametre, avec un aiſſieu de 6 pouces FG, autour duquel eſt roulée la corde ou la chaîne qui porte le poids, au lieu de la rouler autour de *Ab*, alors par les régles de la Méchanique, on aura le poids X = 3888 liv. ſoutenu par la puiſſance P de 108 liv.

N. B. *Nous ſuppoſons ici que le dernier aiſſieu FG a auſſi des tourillons de fer, comme* c *d'un pouce de diametre, & que (par le moyen d'une courroye de cuir, ou d'une corde ou chaîne qui entoure l'aiſſieu Ab & la rouë DE) le ſecond* tour *DF* c *GE tourne circulairement dans la direction AD, enſorte qu'il enleve le poids X ſix fois plus lentement qu'il n'auroit été enlevé en W. Mais il vaut mieux ſe ſervir d'un pignon avec ſes fuſeaux (c'eſt-à-dire, d'une petite rouë dentée) pour entraîner la grande rouë; comme ici le pignon de 12 fuſeaux ſur l'aiſſieu Ab fera tourner la rouë DE qui a 72 dents (ſon diametre étant ſix fois plus grand que celui de Ab:) parce qu'une corde, un cuir, ou une chaîne ne peuvent pas faire leur fonction ſans être aſſez joints aux rouës pour ne pas gliſſer, auquel cas le frottement produit par l'élaſticité, doit occaſionner un nouveau frottement, outre la nouvelle réſiſtance produite par la difficulté de plier la corde, &c.*

Pour trouver le frottement de cette machine compoſée, on doit conſidérer toutes les parties qui frottent, ſçavoir premiére-

ment le tourillon C avec $\frac{1}{36}$ de la vîteſſe de la puiſſance ; enſuite les dents ou le cuir en A b avec $\frac{1}{6}$ de la vîteſſe de la puiſſance ; & enfin, le tourillon *c* de la roue D E avec $\frac{1}{216}$ de la vîteſſe de la puiſſance ; ce qui donne pour les divers frottements $\frac{72}{36} = 2$ livres, $\frac{72}{6} = 12$ livres, & $\frac{72}{216} =$, 0, 333, &c. livres. La ſomme de tous les frottements eſt donc 14, 333, &c. Si donc on diviſe par ce nombre l'intenſité de la puiſſance, qui eſt 108, on aura pour quotient 7, 5, &c. qui donnera un diviſeur pour chaque poids qu'il faut ajouter à la puiſſance en conſéquence du frottement. Ayant donc ajouté 14, 333, &c. pour la ſomme des frottements, il faut encore ajouter $\frac{14,333}{7,5} = 1, 91$ pour le frottement du premier poids additionnel, & $\frac{1,91}{7,5} = 0, 25$ pour le frottement du ſecond poids additionnel, &c. Ainſi pour élever X ou 3888 livres par le moyen de la machine compoſée dont il eſt ici queſtion, la puiſſance ne doit pas être de 108 livres, +, mais de 124, 61 livres, +

N. B. *On peut calculer tous les autres cas ſur ce modèle.*

Quoique cela puiſſe ſervir pour trouver dans la pratique la ſomme des frottements, cependant comme j'ai négligé dans le calcul pluſieurs fractions décimales, qui auroient rendu la ſolution plus approchante de la vérité, je vais donner ici la maniére de les trouver, en faveur des Curieux, qui s'attendent à une ſolution entiérement exacte.

Puiſque les poids qui doivent être ajoutés à la puiſſance pour ſurmonter le frottement, décroiſſent continuellement, & toujours en même raiſon, on peut les conſidérer comme les termes d'une progreſſion géométrique, dont le dernier eſt 0.

Pour trouver la ſomme des termes de cette progreſſion, nous avons beſoin des deux Leçons ſuivantes.

I.

Dans toute proportion ou progreſſion géométrique, la ſomme des antécédents : eſt à la ſomme des conſéquents : : comme chacun des antécédents : eſt à ſon conſéquent. (Voyez *Euclide.*)

II.

Dans toute progreſſion géométrique, le ſecond terme moins *le premier : eſt au premier : : comme le dernier* moins *le premier : eſt à la ſomme de tous les termes qui précédent le dernier.*

Soit la progreſſion $\dot{\dot{.}}$ *a. b. c. d. f. g.* il faut prouver que $b - a : g - a : a + b + c + d + f$.

On peut toujours exprimer cette progreſſion en cette maniere, $a : b :: b : c :: c : d :: d : f :: f : g$; mais nous avons par le dernier lemme, $a : b :: a + b + c + d + f : b + c + d + f + g$.

Et en renverſant.

$b : a :: b + c + d + f + g : a + b + c + d + f$.

En diviſant.

$b - a : a :: b + c + d + f + g - a - b - c - d - f : a + b + c + d + f$.

Et en détruiſant toutes les expreſſions qui ont des ſignes contraires, on aura $b - a : a :: g - a : a + b + c + d + f$. Ce qu'il falloit démontrer.

COROLLAIRE I.

De ſorte qu'en exprimant generalement par n l'expoſant de la progreſſion, par a le premier terme, z le dernier, & S la ſomme de tous les termes, excepté z, nous aurons par le ſecond *lemme*, $na - a : a :: z - a : S$, ce qui donne $\frac{za - aa}{na - a} = S$, ce qui étant réduit, donne $\frac{z - a}{n - 1} = S$, c'eſt-à-dire, *que le dernier terme* moins *le premier, diviſé par l'expoſant de la progreſſion, diminué du nombre* 1, *eſt égal à la ſomme de tous les termes, excepté le dernier.*

COROLLAIRE II.

Et dans les progreſſions, dont les termes décroiſſent continuellement

ment (comme font celles des poids pour ſurmonter le frottement) LEÇON IV.
le dernier terme étant égal à o, au lieu de $\frac{z-a}{n-1}=S$, nous aurons en ſuppoſant z égal au premier terme, $\frac{z-o}{n-1}=S=\frac{z}{n-1}=S$. En ſorte que diviſant le premier terme par la quantité égale au frottement moins 1 (cette quantité étant l'expoſant que doit avoir la progreſſion) le quotient donnera la ſomme totale de toutes les additions que l'on doit faire eu égard aux frottemens.

Pour en donner quelques exemples.

Dans la 4e expérience de cette *Leçon* 4, page 195, le premier terme de la progreſſion eſt 18, le ſecond 6, & par conſéquent l'expoſant eſt 3, lequel étant diminué de 1, il reſte 2; & diviſant par ce nombre le premier terme 18, le quotient 9 eſt la ſomme de tous les termes, excepté le premier qui eſt la puiſſance.

Ainſi dans l'exemple de la *Regle* 4, *Leçon* 4, *page* 197, le premier terme eſt 108, le ſecond 12, ainſi l'expoſant eſt 9, & $\frac{108}{9-1}=\frac{108}{8}=13,5$ qui eſt égal à toutes les additions.

Ainſi dans l'autre exemple, *page* 198, le premier terme eſt 108, le ſecond 14, 333, &c. & par conſéquent l'expoſant 7, 535, &c. or $\frac{108}{6,535}=15,526$, &c. qui eſt la ſomme exacte de toutes les additions.

Dans le texte je n'ai pris que 7, 5 pour expoſant, ayant negligé les deux derniéres décimales, ce qui donne $\frac{108}{6,5}=16,61+$ comme dans le corps de la Leçon.

Quoique j'aie ſuppoſé juſqu'ici le frottement égal à un tiers du poids, cependant en faiſant dans la ſuite pluſieurs expériences, j'ai trouvé qu'il varioit beaucoup, & qu'il étoit quelquefois plus grand & d'autres fois plus petit; en ſorte qu'il eſt preſque impoſſible d'en venir à une théorie exacte : il eſt pourtant bon pour la pratique, comme je l'ai déja dit, de connoître les expériences qui ont été faites dans une vûë particuliére, de nous diriger dans des cas ſemblables, & de prendre le milieu des différens effets que nous trouvons. Comme les voiture ſont

LEÇON IV.

des machines d'une très-grande conſéquence pour les uſages de la vie; je crois qu'il eſt à propos de m'étendre ici ſur le frottement de ces ſortes de machines en donnant le détail des différentes expériences que M. de Camus *Gentilhomme de* Lorraine *a faites ſur les traîneaux & ſur les voitures à roues, que j'ai repetées moi-même & qui m'ont réuſſi de la même maniére dans preſque chaque expérience : les petites différences que j'ai obſervées étant inévitables dans des affaires de cette nature, lors même que les expériences ſont répetées par la même main. Je prends donc le parti d'en donner le détail mot à mot d'après cet Auteur dans ſon Livre intitulé,* Traité des Forces mouvantes pour la pratique des Arts & Métiers, &c. *par M. de Camus.*

Comme les frottemens ſont différens ſur différens corps, il eſt néceſſaire de ſçavoir, autant qu'il ſe peut, cette différence, afin de ménager les forces ou efforts à faire : on a pour ce ſujet fait les expériences ſuivantes, pour connoître à peu près les forces qu'il faut pour traîner les fardeaux, ou les forces perduës par les frottemens, de quel métal ou de quelle matiére il faut ſe ſervir pour en perdre moins ; ce que l'eau, la graiſſe ou l'huile produiſent ſur les différentes matiéres ou métaux.

Si l'on diſpoſe pour cet effet trois traîneaux larges d'un pouce & demi & longs de trois, dont chaque côté ſoit large de deux lignes ; que l'on mette différens poids ſur chaque traîneau, & qu'on les faſſe rouler ſur différentes matiéres ou métaux, de la maniére qu'il ſuit, on trouvera les effets ſuivans.

Que l'on prépare trois platines larges de deux pouces, une de fer, une de cuivre jaune, & l'autre de cuivre rouge ; qu'elles ſoient limées ſans être polies ; qu'elles ſoient longues de 4 ou 5 pouces, que l'on les tire en long avec la lime, qu'on les paſſe en longueur ſur un grès rude, comme celui dont on ſe ſert pour paver les ruës, afin que les traits ſoient en longueur de la maniére dont ils ſont aux traineaux qui ſervent ſur le pavé, & aux trous des pivots ou eſſieux qui agiſſent dans les machines : qu'on les attache ſur une planche de chêne avec une pointe ſans tête, afin qu'on les puiſſe mettre & ôter aiſément l'une après l'autre, par le moyen d'un trou fait au bout de chacune de ces platines, ou lames : qu'aux extrémités de cette planche on diſpoſe une petite poulie avec des pivots un peu fins ; que l'on faſſe adoucir avec de la pierre ponce un côté des platines de cuivre rouge & jaune.

Qu'enſuite l'on prenne une petite bourſe de taffetas, avec une

groſſe ſoye, pour paſſer ſur la poulie, & entraîner un poids d'une once peſant, compris le traîneau; & que l'on prépare vingt grains ou balles de plomb, peſant enſemble une once pour en mettre un certain nombre dans la bourſe, juſqu'à ce qu'elle entraîne le poids d'une once ſur les différentes matiéres ou métaux; que l'on diſpoſe de même 20 balles peſant une livre, pour un autre poids, peſant auſſi une livre avec le traîneau, & un 3e peſant 3 livres avec 20 balles peſant auſſi 3 livres.

Que ces traîneaux ſoient l'un de fer, ou armé de fer, comme la plûpart des traîneaux qui ſervent ſur le pavé de grès; l'autre de bois ſans être armé; le 3e de plomb, ou armé de plomb; & un quatriéme ſi l'on ſouhaite de cuivre jaune ou de laiton.

Si l'on met ces balles doucement dans la bourſe de taffetas, ou dans un ſac de toile pour les groſſes, & qu'on l'arrête de maniére qu'il n'ait point de mouvement: que l'on leve le bout de la planche du côté de la poulie; en ſorte qu'elle faſſe un talus d'un pouce ſur deux pieds de long, afin que le traîneau étant ébranlé, ne puiſſe rouler avec rapidité, & puiſſe au contraire, s'arrêter en roulant doucement, lorſqu'on le retiendra un peu, après l'avoir ébranlé, ſans le pouſſer pour le faire mouvoir; car s'il demeuroit long-tems en une place, il s'y colleroit ou enfonceroit, & il faudroit plus de force pour l'ébranler en un tems qu'en d'autres, & les expériences ſe rapporteroient auſſi peu, que ſi la planche étoit de niveau, ou en pente du côté de la poulie; parce que le traîneau étant ébranlé, il rouleroit tout à coup; ainſi on n'a trouvé que cette ſeule maniére de lever un peu la planche du côté de la poulie, & d'ébranler le traîneau. Suivant cela on rapporte l'effet des expériences que l'on a trouvées.

La premiére colomne marque la quantité de balles qu'il faut, lorſqu'on met le traîneau à ſec ſur différens métaux marqués: ainſi fer ſur bois, ſignifie le traîneau armé de fer, gliſſant ſur la planche de bois; fer ſur fer, ce même traîneau armé de fer, gliſſant ſur la lame de fer; ainſi du reſte; ſur cuivre poli, c'eſt-à-dire, le même traîneau marqué auparavant, gliſſant ſur le cuivre poli avec la pierre ponce, & rouge poli ſur la lame de cuivre rouge, poli avec la pierre ponce de même.

Les colomnes, au haut deſquelles ſont marqués mouillé, graiſſé, huilé, ſignifient que les lames & traîneaux étant mouillés, graiſſés & huilés, il a fallu pour entraîner le poids, le nombre

LEÇON IV.

des balles marqué, ſuivant les colomnes : ainſi la premiere ligne qui marque fer ſur bois 5, au-deſſus duquel chiffre eſt écrit avec balles, ſignifie que le traîneau de 3 livres gliſſe ſur une planche de chêne avec 5 balles, dont 20 peſent 3 livres : de ſorte qu'il faut le quart de la peſanteur pour le faire gliſſer ou rouler ſur une planche de chêne rabotée : que ſi cette planche eſt mouillée, il faudra 8 balles, qui augmentent le fort de 3 balles : ſi le bois eſt graiſſé, il n'en faudra que $4\frac{1}{2}$ qui eſt preſque moitié moins que lorſqu'il eſt mouillé : ſi le bois eſt huilé, il en faut 5 ; ainſi du reſte pour toutes les colomnes ſur différens métaux.

On n'a pas mis les balles qu'il faut pour entraîner le poids d'une livre, parce qu'il n'y a pas de difference de celui de 3 livres, ou du moins elle eſt imperceptible pour le poids ou fardeau d'une once, étant différent de celui de 3 livres : on en rapporte les effets pour donner à connoître les cauſes de frottement & de réſiſtance.

TABLE DES FROTTEMENS.

Un fardeau de 3 livres eſt entraîné ſur un traîneau large d'une ligne & $\frac{1}{2}$ de chaque côté des bandes de deſſous & long de 3 pouces, avec

	Balles		Balles		Balles		Balles
Fer ſur bois,	5	mouillé	8	huilé	5	graiſſé	$4\frac{1}{2}$
Fer ſur fer,	3	mouillé	3	huilé	3	graiſſé	$3\frac{1}{2}$
Fer ſur cuivre,	$3\frac{1}{2}$	mouillé	4	huilé	4	graiſſé	$4\frac{1}{2}$
Sur cuivre poli,	3	mouillé	4	huilé	$3\frac{1}{2}$	graiſſé	4
Sur cuivre rouge,	$3\frac{1}{2}$	mouillé	$4\frac{1}{2}$	huilé	$4\frac{1}{2}$	graiſſé	$4\frac{1}{2}$
Bois ſur bois,	7	mouille	14	huilé	$3\frac{1}{2}$	graiſſé	$3\frac{1}{2}$
Bois ſur fer,	5	mouillé	11	huilé	4	graiſſé	4
Bois ſur cuivre,	4	mouillé	6	huilé	3	graiſſé	$4\frac{1}{2}$
Sur cuivre poli,	$4\frac{1}{2}$	mouillé	7	huilé	$3\frac{1}{2}$	graiſſé	4
Sur cuivre rouge,	5	mouillé	8	huilé	4	graiſſé	4
Plomb ſur bois,	5	mouillé	11	huilé	5	graiſſé	4
Plomb ſur fer,	7	moullé	6	huilé	6	graiſſé	5
Plomb ſur cuivre,	5	mouillé	7	huilé	5	graiſſé	5
Sur cuivre poli,	6	mouillé	8	huilé	6	graiſſé	$4\frac{1}{2}$
Sur cuivre rouge,	$6\frac{1}{2}$	mouillé	9	huilé	7	graiſſé	5

Un traîneau peſant une once avec la charge, eſt entraîné avec

	Balles		Balles		Balles		Balles
Fer ſur bois,	6	mouillé	9	huilé	8	graiſſé	10
Fer ſur fer,	4	mouillé	5	huilé	7	graiſſé	13
Fer ſur cuivre,	5	mouillé	6	huilé	7	graſſé	13
Fer ſur cuivre rouge,	$6\frac{1}{2}$	mouillé	7	huilé	8	graiſſé	13
Fer ſur cuivre poli,	6	mouillé	$7\frac{1}{2}$	huilé	9	graiſſé	13
Bois ſur bois,	7	mouillé	16	huilé	6	graiſſé	12
Bois ſur fer,	6	mouillé	15	huilé	8	graiſſé	11
Bois ſur cuivre,	$5\frac{1}{2}$	mouillé	11	huilé	8	graiſſé	12
Sur le cuivre poli,	6	mouillé	12	huilé	$8\frac{1}{2}$	graiſſé	11
Sur le cuivre rouge,	7	mouillé	13	huilé	9	graiſſé	12
Plomb ſur bois,	7	mouillé	10	huilé	9	graiſſé	11
Plomb ſur fer,	7	mouillé	8	huilé	9	graiſſé	11
Plomb ſur cuivre,	6	mouillé	6	huilé	8	graiſſé	10
Sur cuivre poli,	7	mouillé	8	huilé	9	graſſé	9
Sur cuivre rouge,	8	mouillé	8	huilé	10	graiſſé	11

LEÇON IV.

Les mêmes traîneaux larges avec le poids de 3 livres, étant tirés sur le grès.

				avec le petit poids d'une once.			
Bois sur grès,	8	mouillé	13	Bois sur grès,	13	mouillé	18
Fer sur grès,	10	mouillé	9	Fer sur grès,	9	mouillé	12
Plomb sur grès,	16	mouillé	15	Plomb sur grès,	15	mouillé	15

Un fardeau de 3 livres sur traîneau tranchant, au lieu d'être plus à l'ordinaire, est entraîné avec

	Balles		*Balles*		*Balles*		*Balles*
Fer sur bois,	4	mouillé	7	huilé	4	graissé	3
Fer sur fer,	3 1/2	mouillé	3 1/2	huilé	3	graissé	3
Fer sur cuivre,	3	mouillé	3 1/2	huilé	3 1/2	graissé	3 1/2
Sur cuivre poli,	3	mouillé	3 1/2	huilé	3 1/2	graissé	3 1/2
Sur cuivre rouge,	3 1/2	mouillé	3 1/2	huilé	3 1/2	graissé	3 1/2
Bois sur bois,	10	mouillé	16	huilé	5	graissé	3
Bois sur fer	3	mouillé	7	huilé	3	graissé	3
Bois sur cuiure,	3	mouillé	6	huilé	3	graissé	3
S'il est poli,	4	mouillé	5	huilé	3 1/2	graissé	3
S'il est rouge,	5	mouillé	5	huile	4 1/2	graissé	3 1/2

Un fardeau pesant une once avec le traîneau qui est aussi tranchant, est entraîné avec

	Balles		*Balles*		*Balles*		*Balles*
Fer sur bois,	5	mouillé	8	huilé	6	graissé	7
Fer sur fer,	4	mouillé	4 1/2	huilé	5	graissé	7
Fer sur cuivre,	4	mouillé	7	huilé	6	graissé	8
S'il est poli,	5	mouillé	7	huilé	6	graissé	8
S'il est rouge,	6	mouillé	8	huilé	6	graissé	8
Bois sur bois,	9	moullé	16	huilé	5	graissé	9
Bois sur fer,	4	mouillé	10	huilé	5	graissé	9
Bois sur cuivre,	5	mouillé	8	huilé	6	graissé	9
S'il est poli,	6	mouillé	8	huilé	7	graissé	9
S'il est rouge,	7	mouilié	9	huilé	8	graissé	9

Avec les mêmes traîneaux tranchans poids de trois livres

				petit poids.			
Bois sur grès,	11	mouillé	16	Bois sur grès,	9	mouillé	8
Fer sur grès,	14	mouillé	12	Fer sur grès,	14	mouillé	13
Plomb sur grés,	15	mouillé	18	Plomb sur grès,	16	mouillé	8

SUR TERRE GLAISE.

POUR le poids d'une livre avec le traîneau de bois tranchant, il faut 8 balles.

Avec le traîneau large de bois, il n'en faut que 6.

Avec le traîneau large de fer, que 4.

Avec le traîneau de fer, 5 ½.

Pour le poids d'une once avec le traîneau large, 13 petites balles.

Avec le traîneau tranchant, 18.

COROLLAIRE I.

IL suivroit de ces expériences, plusieurs réfléxions à faire sur différens effets, que l'on pourroit expliquer différemment ; car il faut plus de force à proportion pour le petit traîneau ou fardeau, que pour le gros ; & cela, selon toute apparence, parce qu'il se colle avec les parties à surmonter, qu'il se lie avec la graisse & l'huile qui lui sont un obstacle, au lieu de lui donner de la facilité, comme elles en donnent au gros poids, soit en rempliſſant les trous & les hauteurs qui se rencontrent sur le bois ou sur les métaux, soit qu'elles soient des parties rondes, qui lui servent de rouleaux, pour rouler dessus plus aisément ; & comme l'huile n'est pas si dure que la graisse, elle n'est pas si nuisible au petits poids, & il lui faut moins de force pour la surmonter, que pour surmonter la graisse.

COROLLAIRE II.

C'EST par cette raison, que le poids coule plus aisément sur le bois graissé, que lorsqu'il est est huilé ; parce que la graisse étant plus ferme, remplit mieux les pores du bois, & tient collées les petites parties qui se levent lorsqu'il n'est pas graissé, & qu'il faut rompre ou baisser, quand il n'y a ni graisse ni huile ; ce qui fait qu'il faut beaucoup plus de force, & qu'il en faut beaucoup plus lorsqu'il est mouillé ; parce que l'eau pénétrant dans le bois, fait élever des parties raboteuses, qui sont comme des champignons, ou épis de bled, qu'il faut surmonter ou écraser.

COROLLAIRE III.

C'EST par-là que le bois étant mouillé, comme le traîneau de bois, il faut une fois plus de force que quand les bois ſont ſecs, & qu'il en faudroit plus que le double, ſi les bois étoient imbibés d'eau pendant quelque tems, ou qu'ils fuſſent de certaine nature à prendre beaucoup d'eau, & à ſe gonfler; & quoique l'eau ne paroiſſe pas s'imbiber dans les métaux, il faut, ſelon toute apparence, qu'elle les lie & les colle enſemble, puiſqu'il faut plus de force pour les faire couler; ce qui n'arriveroit peut-être pas pour les gros fardeaux à traîner, par les chevaux, où cette jonction ou maniére de coller feroit peu d'effet, par rapport au gros fardeau. *

COROLLAIRE IV.

COMME le fer paroît quelquefois un peu plus aiſé à couler ſur le fer que ſur le cuivre, & ſur le cuivre jaune que ſur le cuivre rouge, il eſt à préſumer que le fer étant plus dur que le cuivre, il enfonce & engraine moins; & comme le cuivre rouge n'eſt pas ſi dur que le cuivre jaune, il enfonce davantage, & il a plus de réſiſtance & de frottement que ſur le jaune; car cela ſe rencontre pour pluſieurs cas, & pluſieurs traîneaux qui ſe rencontreroient de même en grand.

COROLLAIRE V.

L'ON ne doit pas inférer pour cela qu'il ne faudroit pas mettre de la graiſſe ni de l'huile dans les machines, quoiqu'elles ne paroiſſent guéres utiles, ou qu'elles nuiſent en quelques occaſions, particulierement au petit traîneau; parce que l'on ſçait aſſez qu'elles ſont d'une très-grande utilité dans les grandes machines, pour deux raiſons, qu'elles rempliſſent les trous comme l'on voit, ou qu'elles roulent ſous le fardeau & le facilitent, & qu'elles empêchent que les parties ne s'uſent & ne s'emportent, & débaraſſent outre cela les mêmes parties, lorſqu'elles ſont emportées;

* C'eſt-là une conſéquence évidente de l'attraction de cohéſion; car puiſque cette attraction eſt proportionnelle à la ſurface ou au nombre des parties qui touchent, & que le frottement eſt proportionnel au poids, l'obſtacle ou perte de force par rapport à cette attraction ſera toujours moindre à proportion de tout le frottement, à meſure que le poids augmentera.

car

car si on faisoit rouler de grosses machines, comme pour faire les monnoyes, ou gros pressoirs sans les graisser, les parties s'emporteroient & s'embarrasseroient, & en entraîneroient d'autres après elles, ce qui feroit que la machine seroit beaucoup plus difficile à mouvoir, & qu'elle seroit plûtôt usée. LEÇON IV.

COROLLAIRE VI.

MAIS si la graisse ou l'huile paroît nuire aux petites machines, elle en rend le mouvement plus égal; & quoique l'on s'apperçoive que le mouvement est plus difficile, dans les montres de poche lorsqu'elles sont huilées, parce qu'elles retardent ordinairement, elles vont aussi plus également; & il est toujours bon de les faire nettoyer & huiler, car elles vont plus juste, & les trous s'aggrandissent moins; le balancier joüe mieux, & n'est pas si sujet aux variations: on pourroit tout au plus se dispenser, de graisser quelques petites machines aisées, qui ne sont pas souvent en mouvement, ou qui en font peu.

COROLLAIRE VII.

L'ON voit combien la graisse est utile, particuliérement lorsque deux bois agissent l'un contre l'autre; car la graisse facilite le mouvement de moitié, & des deux tiers, si les mouvemens sont aigus ou tranchans, comme on le voit au traîneau de bois plat, & au traîneau de bois tranchant, coulant sur le bois graissé & non graissé.

COROLLAIRE VIII.

PAR où l'on voit aussi combien la graisse est utile aux roues de charriots ou de caroſſes, particuliérement pendant la pluye; car si les moyeux étoient mouillés ou qu'il n'y eût pas de graisse pour empêcher l'eau de pénétrer dans le bois, il faudroit quatre fois plus de force pour entraîner un fardeau, qu'il n'en faut avec la graisse pendant un tems sec, comme on le voit par le traîneau, eû égard simplement au frottement qui se fait sur l'aissieu, qui est peu de chose, par rapport à la résistance qui se trouve dans les terres, ou sur le pavé; mais outre cet obstacle, le trou du moyeu s'aggrandiroit considérablement; car le moyeu se gonflant,

LEÇON IV.

l'aiſſieu ne ſeroit plus libre, & il emporteroit toutes les parties; & lorſque le moyeu ſe ſécheroit, l'aiſſieu ne rempliroit plus le trou, la rouë varieroit & ſeroit plus ſujette à caſſer dans les cahos qu'elle rencontreroit, par les creux ou hauteurs à ſurmonter : ainſi c'eſt toujours un ménage de graiſſer les machines.

COROLLAIRE IX.

QUOIQUE ces expériences ne déterminent pas entiérement pour les gros fardeaux à traîner ſur le grès & pour les grands mouvemens, elles donnent à connoître les métaux les plus aiſés ; elles apprennent qu'il y a des parties à rompre & à ſurmonter dans les frottemens : que c'eſt ſimplement le poids & le mouvement, qui cauſent la réſiſtance & le frottement, & que la quantité des ſurfaces ne l'augmente pas, lorſqu'il n'y a pas plus de mouvement dans les parties qui portent ; car quoique le traîneau tranchant ſoit plus difficile en pluſieurs cas, on ne doit pas le conſidérer comme une diſpoſition à éviter ou faciliter le frottement, mais comme un tranchant ou une ſcie, qui pénétre dans les métaux ou matiéres qu'il eſt obligé de couper ; & s'il paroît plus aiſé à couler ſur le bois, c'eſt que le bois a un fil, & le chemin étant marqué, il ſuit le fil comme un chemin frayé, & il a moins de parties à baiſſer ou à ſurmonter ; mais dans la terre glaiſe qui n'eſt pas de fil, ou ſur le grès, il a beaucoup plus de peine, parce qu'il faut ſurmonter & emporter les obſtacles qui ſont plus grands, parce que le traîneau tranchant enfonce davantage que lorſqu'il eſt plat.

COROLLAIRE X.

C'EST par cet endroit que l'on voit aſſez, que l'on peut augmenter les frottemens, en faiſant les parties mobiles ſi petites, qu'elles pénétrent & emportent des parties qui cauſent du dérangement, comme il pourroit arriver à des pivots de montres, qui ſeroient trop fins, qui aggrandiroient les trous, ou à des traîneaux auſquels on mettroit une barre de fer fort étroite, pour éviter les frottemens ſur le pavé, & à pluſieurs autres machines ſemblables.

COROLLAIRE XI.

IL eſt aiſé de comprendre par-là, que l'on doit faire les traîneaux larges, & y mettre plûtôt deux bandes de fer larges deſſous de

chaque côté, que d'en mettre une seule étroite ; & que quand les ruës sont séches, il seroit plus avantageux d'avoir un traîneau sans être ferré, puisqu'il est plus aisé à couler, suivant l'expérience ; ce qui paroît d'autant plus probable, que le petit traîneau d'une once compris sa charge, est plus aisé à couler sur le grès, à proportion que le gros traîneau, au lieu qu'il est plus difficile en d'autres occasions, parce que suivant toute apparence il se colle. LEÇON IV.

COROLLAIRE XII.

ON peut encore inferer de cette expérience qu'il y auroit plus de facilité qu'il ne paroît dans le tems sec, avec le traîneau de bois ; parce que quand on seme du grès pilé devant les traîneaux, le fardeau est plus facile à trainer d'un quart, soit sur le grès, soit sur le bois, sur le fer, ou sur le cuivre ; & comme il y a toujours des éclats de grès formés sur le pavé par les clous des rouës & des fers des chevaux, outre la poudre ; il y auroit toujours quelque facilité suivant qu'il paroît par l'expérience où il n'y a point de grès ni de poudre.

COROLLAIRE XIII.

POUR ce qui est du traîneau de fer, il paroît assez qu'il seroit plus avantageux pendant la pluye ; mais s'il faisoit sec, & que le pavé ne fut pas mouillé, ce seroit une expérience à faire, pour sçavoir, s'il ne seroit pas plus avantageux de ne pas mouiller le traîneau ou le grès, comme il se pratique en plusieurs endroits, avec un petit baril plein d'eau posé sur le traîneau, qui coule par deux petits trous, pour arroser le pavé & le traîneau ; ce qui le rendroit véritablement plus aisé s'il pouvoit les mouiller suffisamment.

Mais comme ils ne sont mouillés qu'en partie, & que cela n'empêche pas que le pavé ne soit marqué par le fer du traîneau qui en emporte des parties, peut-être le mouvement seroit-il plus aisé, si le pavé n'étoit pas mouillé du tout, parce que les premieres parties de grès, sur lequel le traîneau commence à couler, étant remplies & écrasées par le fer, la bande qui est longue & qui passe successivement sur le même pavé, ne trouveroit plus tant de parties à emporter, & couleroit plus doucement, ce que l'on a vû par l'expérience, ou la petite

Leçon IV. balle coulant deux fois par le même endroit, coule beaucoup plus aiſément la ſeconde que la premiere ; & ce que l'on voit par un couteau que l'on éguiſe, qui gliſſe doucement ſur la pierre, après y avoir paſſé une fois ou deux lorſqu'elle n'eſt pas mouillée ; & qui s'uſe peu à peu, au lieu qu'il eſt rude, & s'uſe beaucoup lorſque la pierre eſt mouillée.

COROLLAIRE XIV.

On ne parle pas du traîneau de plomb ; il eſt ſeulement pour la curioſité, & pour donner à connoître que les parties s'emportent dans les frottemens, & que le plomb eſt plus difficile, pour pluſieurs occaſions, où l'on fait tourner des pivots ou arbres ſur le plomb ou l'étain.

On pourra par toutes ces expériences choiſir les matiéres, & ſupputer l'effort ſuivant le poids & le mouvement que les parties frottantes auront ; ſi l'on répete par curioſité ces expériences, il ſera bon de les faire dans l'ordre qu'elles ſont marquées, de les faire toutes à ſec, enſuite ſur des matiéres mouillées, huilées après, & enfin graiſſées ; parce que ſi on les graiſſoit avant que de les huiler, la graiſſe rempliſſant les pores, l'huile ne feroit effet que comme la graiſſe, particuliérement ſur le bois que l'on doit laiſſer ſécher, & raboter après qu'il a été mouillé, avant d'y mettre de l'huile & de la graiſſe.

Quoique j'aie conſidéré mathématiquement dans les notes de ma derniére Leçon, les effets des grandes & petites rouës, & que je les aie comparés enſemble ; cependant comme les charriots, caroſſes & charéttes, & autres voitures à rouës ſont ſi néceſſaires aux uſages de la vie, que ſi l'on diſcontinuoit ſeulement pendant un mois de s'en ſervir, c'en ſeroit aſſez pour mettre toute une nation en confuſion ; je vais donner ici un détail de quelques autres expériences que M. Camus a faites ſur cette matiére & des réfléxions dont il les a accompagnées, étant très-convaincu par mes propres expériences des verités qu'il avance ; & ayant trouvé que ſes expériences ſont auſſi juſtes qu'on peut l'attendre des machines qui ont autant de frottement que doivent en avoir des modeles de charrettes & de charriots. J'ai à la vérité une machine qui a des rouës de cuivre, & dont l'aiſſieu d'acier a de très-petits pivots ſi bien faits, que chacune de ces rouës étant une fois miſe en mouvement tourne ſur ſon aiſſieu pendant

l'eſpace de plus de demie heure, faiſant pluſieurs centaines de révolutions avant qne de s'arrêter; mais l'uſage de ma machine étant principalement deſtiné à faire voir combien ces ſortes d'expériences peuvent s'aprocher de la théorie mathématique, on ne peut pas eſperer qu'une voiture chargée d'un poids puiſſe avoir auſſi peu de frottement. * Ainſi j'aime mieux rapporter ici les expériences que M. *de Camus* a faites ſur des modeles de voitures depuis un pouce juſqu'à un pied, repréſentant toujours des charriots & des charrettes ſujettes au frottement à proportion de leur grandeur, parce qu'elles nous apprennent directement quel eſt le frottement réel dans les voitures qui ſont à preſent en uſage. Quant à la maniére de remedier au frottement, j'ajouterai quelque choſe du mien à ſes réfléxions & obſervations. Je commence ici par la propoſition 24e, ſection 5 de ſon Livre cité ci-deſſus.

* Note 3.

PROPOSITION XXIV.

Les rouës à voiturer doivent être exactement rondes, & les jantes ou courbes, droites ſur les moyeux ſuivant l'inclinaiſon des rais.

C'EST une regle générale par-tout que les rouës ſoient rondes; car ſi elles ne l'étoient pas, & qu'elles fuſſent comme EFGH (*Planche* 17. *Figure* 7.) le moyeux n'étant pas au milieu, il eſt conſtant que quand la rouë tourneroit, elle feroit le même effet que ſi elle trouvoit des hauts & des bas, même ſur un terrein parfaitement uni, & ne pourroit être dans l'équilibre; la rouë tournant vers H, ſeroit auſſi difficile à faire avancer, que s'il y avoit une hauteur à ſurmonter, & cette hauteur étant paſſée, elle tomberoit tout à coup, comme ſi on rouloit une pierre quarrée, & les cahots que la rouë feroit en tombant précipiteroient & pouſſeroient les chevaux qui rencontreroient après une autre difficulté plus ou moins grande, ſuivant l'inégalité des rouës: que ſi les rouës n'étoient pas angulaires, & qu'elles fuſſent à peu près rondes, ou parfaitement rondes, & que le moyeu ne ſe trouvât pas dans le milieu, la partie qui ſeroit la plus courte, comme la partie F étant ſur terre, lorſqu'une pareille rouë tourneroit, il faudroit remonter le fardeau, de même que ſi on montoit ſur un talus ou une montagne, & la rouë formeroit une eſpéce de coin, qui ſeroit depuis F juſqu'en D ou juſqu'en G,

Planche 17. Figure 7.

LEÇON IV.

& étant au point D ou G, elle retomberoit & repouſſeroit les chevaux, comme ſi elle deſcendoit une montagne, & les chevaux ou bœufs ſeroient auſſi fatigués en terre unie, que s'ils marchoient dans des endroits, où il y eut beaucoup de hauts & de bas, où il faudroit faire des efforts pour monter, & des efforts pour retenir en deſcendant, ce qui fatigueroit particuliérement les limoniers, ainſi les rouës doivent être parfaitement rondes.

Secondement, les jantes ou courbes doivent être droites ſur les moyeux, ſelon l'inclinaiſon des rais; car la rouë en tournant trouveroit des inégalités, comme quand le trou du moyeu eſt trop grand, & que la rouë va deçà & de-là, qui feroit le même effet que ſi elle étoit mal ronde, & l'inégalité des rais qui ſe trouveroient trop panchés ou trop droits ſur le moyeu, ſe rencontrant dans un creux ou ſur une hauteur qui ſeroit oppoſée à leurs inclinaiſons, les feroient rompre : donc les rouës à voiturer doivent être exactement rondes, & les jantes ou courbes droites ſur les moyeux.

COROLLAIRE I.

D'où il ſuit qu'aux endroits où l'on ne met pas des bandes de fer aux rouës, on doit avoir grand ſoin de remettre des ſemelles, ou des bandes de bois pour tenir les rouës rondes : on doit conclure que ce n'eſt pas une épargne de ne pas ferrer les rouës; car ſi les fers ne s'uſent guéres en ces quartiers là, parce que les rouës ne vont que dans les terres, il ne les faudroit pas épais, & il n'en couteroit pas beaucoup : la dépenſe une fois faite, conſerveroit les rouës, & contribueroit à faire plus d'ouvrage, & à regagner au double la dépenſe, au lieu qu'il ſe trouve quelquefois des rouës qui ſont plûtôt quarrées que rondes, qui fatiguent les chevaux ou bœufs au double, de maniére qu'ils ne peuvent faire autant d'ouvrage qu'ils en feroient, ſi les rouës étoient parfaitement rondes.

PROPOSITION XXV.

Les rais doivent être inclinés ſur les moyeux, pour rendre les rouës écouées.

SI les rouës tournoient toujours ſur un terrein droit & uni, il eſt conſtant que les rais devroient être droits & d'équerre ſur les

moyeux, parce qu'ils porteroient à plomb comme les rais B (*Planche* 17. *Figure* 8.) du moyeu A C, qui eſt la plus forte maniére pour le bois ; mais parce qu'il ſe rencontre des inégalités & que les rouës tombant dans les ornieres, celle qui y eſt tombée porte un plus grand poids que l'autre, parce qu'elle eſt plus baſſe, (comme on l'a démontré) : les rais qui portent, ſe trouvent en ce cas droits par rapport à l'inclinaiſon du creux, ils ſont à leurs forces, & portent debout ; la rouë oppoſée qui eſt ſur une hauteur, ne ſupportant plus un ſi grand fardeau, n'a pas beſoin d'être dans toute ſa force, elle en a ſuffiſamment, quoiqu'elle en ait moins que dans une ſituation où le terrein ſeroit égal ; ainſi par cette raiſon les rais doivent être inclinés de la maniére dont ils le ſont ordinairement ſur les moyeux pour rendre la rouë écouée ou *concave*.

Planche 17. Figure 8.

PROPOSITION XXVI.

Les aiſſieux doivent être droits de toutes façons & poſés en angle droit ſur la fléche ou ſur les brancarts.

DANS tous les mouvemens des corps, il y a un point & une maniére la plus aiſée de toutes, & c'eſt lorſque l'aiſſieu eſt droit de toute façon ; car ſi l'aiſſieu étoit plié en arriére, de maniére que les rouës fuſſent près l'une de l'autre comme A E (*Planche* 17. *Figure* 9.) & qu'elles fuſſent beaucoup ouvertes en-devant comme D C, il eſt conſtant qu'elles ne pourroient entrer dans les ornieres, ni tourner en avançant, ou du moins très-difficilement, elles ne feroient que traîner : ce ſeroit la même choſe ſi l'aiſſieu avoit du pliant en-devant, & qu'elles fuſſent près de la fléche comme J F (*Figure* 10.) & écartées en arriére comme B D. Si elles l'étoient un peu moins d'une maniére que de l'autre, l'inconvénient ſeroit moins grand, & pour peu que l'aiſſieu ſoit plié, il y a toujours de la difficulté : il ne doit donc être plié ni en avant ni en ariére. Si l'aiſſieu a du devers, en ſorte que les rouës ſoient écartées en-dehors comme D C (*Figure* 9) ou qu'elles rentrent en-dedans comme J F, (*Figure* 10.) il y aura encore trois inconvéniens ; car s'il eſt plié en-dehors en ſorte que D C (*Figure* 9.) porte ſur le terrein, la voye ſera trop large, les rouës auront la même difficulté ou à peu près pour tourner, le fardeau écraſera la rouë, la longueur du rais C H, fera en ce cas fonction de bras de levier pour

Planche 17. Figure 9.

LEÇON IV.

rompre & l'aiſſieu & les rais des rouës ; les rais C ſont le grand bras, le point d'apui eſt à un bout du moyeu, & le petit bras à l'autre bout : ſi l'aiſſieu étoit plié pour faire rentrer les rouës en-dedans, de maniére que l'apui des rouës fut en J & en F, (*Figure* 10.) les trois mêmes inconvéniens s'y rencontreroient, la voye ſeroit trop étroite, la charge tendroit à faire écraſer les rouës, & elles ne pourroient tourner que très-difficilement : d'ailleurs les rouës ne porteroient que ſur un coin de la bande ; elles ſeroient comme tranchantes & n'auroient point d'apui. Pour peu que l'aiſſieu ſoit plié, ces inconvéniens ſe trouveront toujours plus ou moins, ſuivant qu'il ſera plus ou moins plié, mais il ne s'y en rencontrera pas, lorſque l'aiſſieu ſera droit, & que les rouës porteront à plomb, comme les rouës CP, AD (*Figure* 11.) ainſi l'aiſſieu doit être parfaitement droit de tout ſens pour donner la liberté aux rouës ſuivant la direction ; car l'aiſſieu étant plié de la maniére dont il eſt ſuppoſé dans ces figures, les rouës poruroient être libres, l'aiſſieu étant porté en l'air ; au lieu qu'elles ne pourroient tourner que très-difficilement, les rouës portant à terre, & il ſeroit impoſſible de les faire retourner ſi on les tiroit par l'aiſſieu au point H (*Figure* 9.) elles ne feroient que traîner.

Planche 17. Figure 10.

Planche 17. Figure 11.

Planche 17. Figure 9.

L'aiſſieu doit être auſſi à angles droits ſur la fléche ou ſur les brancarts ; car ſi la fléche ou les brancarts étoient de travers comme la fléche B, le charriot ou caroſſe iroit de travers, & un ſeul cheval ſupporteroit preſque toute la charge : ainſi elle doit être à angles droits ſuivant la fléche G (*Figure* 11.) comme on a dit ci-devant. Donc les aiſſieux des voitures doivent être droits de tous ſens, & poſés à angles droits ſur la fléche ou les brancarts.

Planche 17. Figure 11.

COROLLAIRE I.

D'où il ſuit que c'eſt mal-à-propos que l'on donne du devers & du pliant aux aiſſieux de caroſſes, afin que les rouës ne touchent pas aux ſoupantes ; puiſque par-là tous ces inconvéniens s'y rencontrent tout à la fois, les caroſſes deviennent plus verſans, la voye étant retreſſie, & ils entrent plus difficilement dans les portes cocheres, le haut des rouës étant plus écarté, que ſi l'aiſſieu étoit droit, & lorſque les rouës touchent par le haut, elles ſont bien plus ſujettes à caſſer, & ſont plus ébranlées, que ſi elles touchoient par le bas : le caroſſe eſt plus difficile à rouler, pour peu que l'aiſſieu

ait

ait du devers, ou qu'il ait du pliant en avant ou en arriére; outre cela les rouës écartent les ornieres, & n'y peuvent entrer ni ſortir que très-difficilement : ainſi il vaudroit mieux reſſerrer les ſoupentes en-dedans, ou élargir la voye. LEÇON IV.

COROLLAIRE II.

CELA fait auſſi que l'on détruit par ce devers d'aiſſieu, l'imagination favorable & utile, d'incliner les rais ſur le devant, pour rendre les rouës écouées; car l'aiſſieu ayant du devers, elles portent à plomb, comme ſi les rais n'étoient pas inclinés, & lorſqu'elles tombent dans une orniere ou un trou, la rouë qui eſt pour lors plus chargée, n'eſt plus à plomb, & tend à être écraſée; ce qui les fait dérayer & caſſer auſſi-bien que les aiſſieux : elles s'uſent beaucoup plûtôt, joint à ce que dans les terreins unis, elles ſont beaucoup plus difficiles pour les raiſons alleguées; elles ne portent que ſur un coin de la bande, qui eſt toujours plus uſée en-dehors qu'en-dedans; ce qui la fait arrondir & gliſſer entre les pavés.

PROPOSITION XXVII.

Les rouës de derriére ne donnent aucune chaſſe ou impulſion à celles de devant, quand elles ſeroient extrêmement hautes, & celles de devant extrêmement baſſes.

L'ON voit dans quelques tableaux anciens, des charriots repréſentés avec quatre rouës hautes & égales; il y a quelques pays, où les modes changent moins, qui conſervent encore cet uſage; quelques-uns, ſelon toute apparence, pour avoir plus de facilité de tourner, ont baiſſé les rouës de devant, parce qu'elles touchoient aux brancarts, qui étoient preſque auſſi écartés par en bas que par le haut, comme ils le ſont ordinairement aux charretes; on les a encore baiſſées davantage aux caroſſes, par rapport aux ſoupentes qui auroient empêché de tourner, ou qui auroient été coupées par la rouë; & l'uſage des arcs l'ayant emporté enſuite ſur les fléches ſimples, pour tourner encore plus court, on les a encore rabaiſſées plus conſidérablement pour pouvoir paſſer ſous les arcs, afin de ne les pas faire ſi hauts; & on les rabaiſſe encore tous les jours, par les plaintes de quelques

LEÇON IV. Cochers, qui crient que leurs chevaux sont fatigués, que les rouës de devant sont trop hautes, & qu'elles n'ont pas assez de chasse : de sorte que ce beau principe s'est répandu jusques dans les charriots des petits enfans, auxquels on fait les roulettes de devant plus basses. Si l'on ne rencontroit des ornières & des hauteurs où les rouës de devant ne pourroient passer, étant plus petites, il y a apparence qu'on les feroit encore plus basses, & que l'on n'auroit que des roulettes au lieu de rouës : cette extrémité s'est sans doute plûtôt introduite par la facilité que les Cochers y ont trouvée pour tourner, & pour monter sur le siége, que parce qu'il y a de la chasse à cette maniere ; car les quatre rouës étant sur un terrein uni & égal, celles de devant, quoique plus basses, sont en repos, le centre de gravité étant dans la ligne d'équilibre, de même qu'il y est à celui de derriere : ainsi les quatre rouës étant à leur centre & en équilibre, elles ne peuvent avoir de mouvement ; & quoique celles de devant soient plus chargées par l'élevation de celles de derriere ; il ne suit pas delà qu'elles soient plus aisées à rouler ; car si cela étoit, plus les caroſſes ou charriots seroient chargés, plus ils seroient faciles à rouler, ce qui n'est pas ; & il se pourroit faire que les rouës de derriere étant extrêmement hautes, & celles de devant extrêmement basses, le charriot iroit tout seul sur un terrein bien uni, ce qui ne peut être non plus : donc les rouës de derriere ne donnent aucune chasse ou impulsion à celles de devant, quand elles seroient extrêmement hautes, & celles de devant extrêmement basses.

SCHOLIE.

S'IL étoit vrai que les caroſſes ou charriots eussent de la chasse, les rouës de devant étant basses, il est constant qu'ils seroient beaucoup plus difficiles à faire rouler, si on faisoit aller les rouës hautes les premieres, & qu'on attelât les chevaux derriere : or, que l'on construise un charriot, dont les rouës de derriere soient de 5 pouces, & celles de devant de 2 pouces & 3 lignes, qui est à peu-près la mesure ordinaire, si l'on prend le pouce pour pied (quoiqu'il y ait des rouës, qui ont quelques pouces de plus & de moins, soit devant, soit derriere) que l'on mette ce charriot sur une planche unie, & qu'il soit chargé dans le milieu d'un morceau de plomb pesant 5 livres ; qu'au bout de la planche il y ait une petite poulie, sur laquelle on passe un cordon de soye

attaché au charriot par un bout, & à l'autre un baſſin de balance ou un petit ſac de toile, dans lequel on puiſſe mettre des balles de plomb, pour entraîner par leur poids le charriot chargé; le même poids qui entraînera le charriot, les petites rouës allant les premieres, l'entraînera également, en le retournant lorſque les grandes iront devant, ſi la direction du cordon de ſoye eſt la même d'une maniere que de l'autre; cela étant, il n'y a pas de chaſſe, & il n'y aura aucun avantage pour rouler, même dans un terrein uni, les rouës de devant étant plus baſſes que celles de derriere. LEÇON IV.

COROLLAIRE I.

D'ou il ſuit que cette idée de chaſſe ou d'avantage pour rouler, ne peut être venuë que de quelques Ouvriers qui ſe ſont imaginés qu'il y avoit même raiſon ou approchant, les rouës de derriere étant hautes, que ſi le charriot étoit ſur une pente; ce qui eſt bien différent: car ſur une pente, le centre de gravité ne peut être dans la ligne d'équilibre; c'eſt pour cela qu'il la cherche, & roule toujours juſqu'à ce qu'il l'ait trouvée, ou quelque obſtacle qui l'y mette, ce qui eſt la même choſe; & quand il n'y auroit qu'une rouë ou deux, celle qui ſeroit ſeule rouleroit comme deux, & comme quatre, ſi elle étoit aſſez large pour ſe ſoutenir: ainſi la charréte à deux rouës a de la chaſſe comme le charriot ou caroſſe qui en a quatre en ce cas; & l'un n'en a pas plus que l'autre, ou n'en a pas du tout dans les terreins unis.

COROLLAIRE II.

Il ne faut pas objecter que la grande rouë étant en mouvement, dure plus long-tems que la petite, & qu'ayant plus de mouvement, elle la pouſſe; car ſur la terre la réſiſtance eſt plus forte que l'impulſion qu'on peut lui donnet, & quelque vîteſſe ou quelque force que l'on puiſſe donner à un charriot ſur un terrein uni où il puiſſe un peu enfoncer, ou parce qu'il a plu, ou parce que le terrein n'eſt pas ſi ferme que le pavé, la force ceſſant, le charriot s'arrêtera ſur le champ: ainſi les grandesrouës ne chaſſeront pas les petites en ce cas.

COROLLAIRE III.

Si on le ſuppoſe ſur un pavé uni ou mal uni, ou bien ſur un

LEÇON IV.

terrein raboteux avec des hauts & bas, & que celles de derriere étant élevées sur une hauteur, poussent en descendant cette hauteur celles de devant, il en arrivera la même chose à celles de devant en descendant une hauteur, elles tireront celles de derriere, & il y aura même raison pour les grandes que pour les petites, & pour les quatre grandes comme pour les quatre petites : que si on dit qu'étant grandes elles sont plus aisées à rouler, & qu'elles poussent les petites ; je réponds que si elles sont toutes quatre grandes, elles auront par-là même plus de facilité à rouler, que s'il y en avoit deux petites ; donc il n'y a pas d'avantage d'avoir de petites rouës devant pour rouler, de quelque maniere qu'on les puisse considérer, & il n'y a pas de chasse dans le mouvement.

PROPOSITION XXVIII.

Les grandes roues sont toujours plus avantageuses pour rouler, que les petites, en quelque occasion, ou sur quelque terrein que ce puisse être.

LES rouës à voitures ne peuvent être considerées que par le mouvement & frottement qu'elles font sur l'aissieu, & par la résistance ou l'enfoncement qu'elles font sur terre ou dans les creux. Si on les considere par le frottement, il est constant qu'une rouë qui sera double d'une autre, ne fera qu'un tour, pendant que l'autre en fera deux pour faire une même quantité de chemin ; car la circonférence est double comme la hauteur ou le diametre : ainsi par rapport au frottement, celle qui sera double aura un double avantage, puisqu'il n'y aura qu'un tour de frottement, & qu'il y en aura deux pour celle qui ne sera que moitié, pour faire un même espace de chemin ; la rouë A B C (*Planche* 17. *Figures* 12. *&* 13.) étant double de la rouë D E F, aura une fois plus d'avantage, par rapport au frottement, les trous des moyeux & les aissieux étant égaux.

Planche 17. Figures 12. & 13.

Si on les considére par rapport à l'enfoncement dans les terres ou dans les creux, il y aura le même inconvénient en l'une, & le même avantage en l'autre ; car si c'est par l'appui, la grande aura une fois plus d'appui, & elle enfoncera moitié moins : si on les considére par rapport au creux, ce sera la même chose pour certains cas ; mais il y aura bien plus de desavantage pour la petite, lorsque les creux seront grands : car si elle se rencontroit dans un creux comme D E, * aussi large que son diametre, elle enfon-

* L. 3. Note 21. p. 18.

croit entierement, pendant que la grande n'enfonceroit que du segment AB, qui ne seroit pas moitié de la roue, ce qui est facile à comprendre par les deux lignes paralléles AD & BE; & il est à présumer qu'il en seroit de même à l'égard des terreins marécageux, où la petite enfonceroit tout-à-fait, pendant que la grande n'enfonceroit qu'en partie. LEÇON IV.

Si l'on considére une hauteur à surmonter, sur un terrein uni comme un pavé, & qu'il soit le même en B, qu'il est en E, le segment ou la corde de la petite sera un tiers ou approchant plus haut que le segment de la grande, & il faudra un tiers plus de force pour le surmonter : si cette hauteur est une chose à briser, ou à écraser totalement, ou en partie, il y aura même raison, & la circonférence de la roue formant une espéce de coin, ou plan incliné qui est plus court & moins aigu à la petite qu'à la grande, l'effort sera plus grand à proportion, pour surmonter tout-à-coup : si elle se rencontre dans des inégalités de terrein, où il y ait des hauts & des bas, lorsqu'il faudra surmonter ces hauteurs, il faudra encore plus de force pour la petite que pour la grande, par la même raison : donc les grandes roues sont toujours plus avantageuses pour rouler, que les petites, en quelque occasion ou sur quelque terrein que ce puisse être.

COROLLAIRE I.

Il suit delà, qu'une roue qui n'auroit qu'un pouce de diametre ou de hauteur plus qu'une autre, auroit plus d'avantage, & que plus les roues sont hautes, plus elles sont avantageuses, pourvû qu'elles n'excédent pas, & qu'elles ne soient que de cinq ou six pieds; car si elles passoient, elles deviendroient poids, ou elles seroient plus sujettes à casser par la longueur des rais, & ne seroient pas avantageuses pour mettre les chevaux dans leur force, l'aissieu étant plus haut que leur poitrail, la direction se feroit en appesantissant, ce qui seroit un inconvenient plus ou moins grand, selon que les chevaux seroient plus ou moins hauts; comme c'en est un considérable par les petites, où il faut qu'ils tirent de bas en haut; ce qui les appesantit par le jarret. L'on connoîtra encore mieux cette proposition par les Expériences suivantes.

PROPOSITION XXIX.

Les voitures à quatre rouës, comme les chariots ou carosses, sont beaucoup plus avantageuses que les voitures à deux, comme les charrettes ou chaises.

L'on doit considérer les voitures par l'avantage que l'on en tire pour rouler ; & pour y appliquer la force des chevaux ou bœufs, d'une maniere qui les fatigue moins, & qui soit la plus avantageuse : or en appliquant la force des chevaux à la charréte à deux rouës, l'on sçait assez que le limonier porte une partie du fardeau, de quelque maniere que la charge soit en équilibre sur l'aissieu ; car en descendant une hauteur, tout le poids tombe sur le cheval ; en montant, il tombe de l'autre côté en arriere, & enleve le cheval, ce qui lui ôte une grande partie de sa force, s'il est chargé à dos, ensorte que le poids ne l'emporte pas en montant : dans un terrein uni, il sera doublement fatigué de porter & de tirer ; & comme les rouës tombent dans les creux, l'une d'un côté, l'autre de l'autre, les limons de la charréte donnent dans les flants des limoniers, par où il en périt beaucoup.

De plus, dans la charréte, le poids n'est que sur deux rouës, & lorsqu'une tombe dans un creux, ou dans une orniere, la moitié de la charge y tombe ; & pour la tirer du creux, il faut relever la moitié de la charge : si elles se trouvent dans des terres molles, les deux rouës enfoncent de même, & il faut les relever ; mais lorsqu'il y a quatre rouës comme au chariot, la même charge étant sur les quatre, & le chariot n'étant pas plus lourd que la charréte, il est constant que les quatre enfonceront moitié moins que les deux, ou à peu-près, & qu'il faudra moins de force : s'il se trouve des creux, & qu'il tombe une rouë dans un, il n'y tombera que le quart de la charge du chariot, au lieu qu'il en tombe la moitié par la charréte, & il faut moins de force pour en relever un quart, que pour en relever une moitié : si deux rouës du chariot tombent en même-tems dans un creux, il n'y tombera que la moitié de la charge, & il faudra moins de force pour les retirer, qu'il n'en faudra pour la charréte, lorsque les deux rouës seront dans de pareil creux ; & dans des hauts & bas qui se rencontrent toujours sur le pavé, il se trouve souvent un équilibre entre les rouës de devant du chariot, & celles de derriere,

qui arrive lorſque deux rouës ſont ſur deux pavés prêtes à deſcendre, pendant que les deux autres ſont prêtes à monter ſur deux autres pavés : celles qui ſont en haut deſcendant, font équilibre, & pouſſent par leurs poids celles qui montent : s'il n'y en a qu'une de devant ou de derriere qui deſcende, elle fait équilibre à celle qui monte, ainſi du reſte, ce qui n'arrive pas à la charréte ; au contraire, le limonier reçoit un coup dans le flanc. Il ne faut pas objecter qu'il y a moins de frottement ſur deux rouës que ſur quatre, qui eſt, ſelon toute apparence, la raiſon qui les a fait préférer au chariot, joint à ce qu'elles ſont plus aiſées à tourner & à charger ; car l'on a vû qu'il y a autant de frottement ſur deux rouës que ſur quatre, le même poids & le même trou du moyeu étant à l'un comme à l'autre, & il doit au contraire y en avoir davantage ſur la charréte, parce que tout le poids n'eſt que ſur deux parties où il y a le plus d'engrenage ; & ſuppoſé que l'on ne voulût pas plus charger le chariot, que l'on charge la charrete, en faiſant les aiſſieux & les trous des moyeux moins gros, il y en auroit encore moins ; mais le frottement étant peu de choſe, comme on a vû, lorſque les rouës ſont bien graiſſées, on n'y doit pas faire attention. Outre l'avantage des 4 rouës, les limoniers ne ſont pas fatigués à porter comme à la charréte ; ils durent plus long-tems, & font plus d'effort pour tirer au chariot, qu'ils n'en peuvent faire à la charréte : donc les voitures à quatre rouës comme les charriots ou caroſſes, ſont plus avantageuſes que les voitures à deux rouës, comme les charrétes ou chaiſes. LECON IV.

PROPOSITION XXX.

Il ſeroit beaucoup plus avantageux de faire les quatre rouës de charriot, & de caroſſes grandes & égales, ou à peu-près, que de faire celles de devant moitié plus petites, comme il ſe pratique en pluſieurs endroits.

Si l'on trouve quelques commodités pour tourner, en faiſant les rouës de devant des chariots & caroſſes une fois plus baſſes que celles de derriere, il y a un grand deſavantage, puiſque l'on perd environ la moitié de la force que l'on gagneroit, ſi elles étoient égales, ſuivant la *Propoſition* XXVI. & que l'on eſt plus cahoté par les petites rouës, qui enfonçant une fois davantage dans les creux, & entre chaque pavé, ſautent auſſi une fois

LEÇON IV.

davantage, & c'eſt ſans doute ce qui a fait que l'on a été obligé d'avoir recours aux reſſorts, pour éviter ces cahots, & ce qui a rendu les caroſſes plus verſans, en les élevant davantage par les reſſorts dont les points de ſuſpenſion ſont au-deſſous des corps de caroſſes.

Un autre deſavantage, c'eſt que les chevaux qui tirent de bas en haut, ſont beaucoup plus fatigués & apeſantis du jarer; ce qui fait que quand ils ont tiré au caroſſe, leurs jambes deviennent ſi roides, qu'ils ne ſont plus propres pour porter, & qu'ils fatiguent extraordinairement ceux qui les montent; ce qui n'arriveroit pas, ſi les rouës de devant étoient hautes, & que les points où ſont attachés leurs traits ou leurs pononiers, fuſſent à la hauteur de leur poitrail, enſorte que les traits fuſſent paralléles au terrein, comme ils ſont aux chevaux qui ſont devant les charrétes; ce qui les met en force pour ſurmonter tous les deſavantages qui ſe rencontrent à la charréte.

Mais ſi l'on objecte que les charrétes ſont bien imaginées par-là, il eſt aiſé de comprendre que les chevaux auroient le même avantage, ſi les quatre rouës de chariot étoient égales, & que l'on auroit toujours le même avantage des quatre rouës: que ſi on objecte auſſi que les chevaux tirant de bas en haut, ſoulevent les caroſſes des bouës, & ſoulagent le fardeau, il eſt aiſé de concevoir que s'ils le ſoulevent, ils portent une partie du fardeau, & que ne pouvant porter ordinairement que 200, au lieu qu'ils en traînent 1000 ou approchant, ſur un chariot, ils ſont beaucoup plus fatigués que s'ils tiroient avec traits paralléles au terrein, particulierement lorſque la charge ne ſera que vers les pieds de derriere, comme elle ſe trouve en tirant le caroſſe: donc il ſeroit plus avantageux de faire les quatre rouës de chariots & de caroſſes grandes & égales, &c.

SCHOLIE.

L'ON pourra encore ſe confirmer la vérité de ces Propoſitions, par les Expériences ſuivantes, ſi on ſouhaite les faire en petit ou en grand. Soit le chariot avec les 4 rouës de 5 pouces 9 lignes, que l'on y puiſſe mettre pluſieurs rouës de différentes grandeurs, comme 4 de 5 pouces, 2 de 2 pouces 3 lignes, 2 autres de trois pouces, & qu'elles ſoient avec des moyeux, des rais & des jantes proportionnées, comme les grandes qui ſont au charriot

chariot ou au caroſſe : qu'on les change l'une après l'autre, que le charriot D B (*Planche* 17. *Figure* 17.) ſoit toujours chargé d'un même poids A, peſant 5 livres, qu'il ſoit traîné par le moyen d'une poulie E, & d'un cordon de ſoye, avec un ſac, ou un baſſin de balance, dans lequel on puiſſe mettre des balles pour les différentes rouës, ſuivant qu'il ſera néceſſaire ſur un terrein uni, ſur la terre, ſur le ſable, & ſur le pavé : que la planche A F ſoit de chêne, longue de trois pieds, rabotée d'un côté, & gravée de l'autre, comme les pavés des ruës & des ruiſſeaux ; les pavés étant de 6 & de 8 lignes, au lieu de 6 ou de 8 pouces, réduits comme les rouës du pied au pouce ; & de la ligne au pouce ; & que l'on puiſſe retourner la poulie par le moyen d'une mortoiſe en retournant la planche : tout étant ainſi diſpoſé, en opérant exactement, on trouvera l'effet des expériences marquées à la table ſuivante. LEÇON IV. Planche 17. Figure 17.

Pour faire l'expérience de la charréte, on ſuſpend en équilibre ſous un aiſſieu le même poids A de 5 livres, & l'on attache ſimplement un timon à l'aiſſieu, pour y lier le cordon, ce qui rend la charréte pour les expériences ſuivantes, trois fois plus legere que le chariot qui a un aiſſieu, deux rouës & des brancarts de plus ; & les rouës pleines de 5 pouces 9 lignes, peſent deux fois plus que les rouës de cinq pouces qui ont des rais.

Pour entraîner le fardeau de 5 livres ſur le côté uni de la planche, étant de niveau avec les 4 grandes rouës, chacune de 5 pouces 9 lignes de diametre, il ne faut qu'un peu plus de $\frac{3}{4}$ d'une balle.

Pour le poids de 5 livres sur le Charriot.

Pour la charrète & le même poids.

	Balles		Balles
Avec les 4 rouës de 5 pouces	1	Avec les rouës de 5 pouces	2
Avec les 2 plus petites de devant	2	Avec les 2 petites rouës	$3\frac{1}{2}$
Avec les rouës de 3 pouces devant	$1\frac{1}{2}$	Avec les 2 rouës de 3 pouces	3

Charriot sur une terre fort humectée.

Pour la charrète sur même terre.

	Balles		Balles
Avec les 4 plus grandes, larges de 2 lignes	12	Avec les deux grandes rouës	$9\frac{1}{2}$
Étant plus étroites & quasi tranchantes	16	Avec les deux plus petites	18
Avec les 4 de 5 pouces, larges de 3 lignes	6	Avec les deux de 3 pouces	13
Avec les deux plus petites devant	12		
Avec les deux de 3 pouces devant	8		

Pour le Charriot sur le sable sec.

Pour la charrète sur le sable sec.

	Balles		Balles
Avec les 4 rouës de 5 pouces	28	Avec les 2 rouës de 5 pouces	40
Avec les plus petites rouës devant	46	S'étant arrêtée à 39, il a fallu ajouter pour la faire partir jusqu'à	10
Avec les rouës de 3 pouces devant	35		

Charriot sur le sable mouillé.

Charréte sur sable mouillé.

Avec les 4 rouës de 5 pouces	14	Avec les 2 rouës de 5 pouces	17
Avec les deux plus petites devant	28	Avec les deux de 3 pouces	24
Avec les 2 de 3 pouces devant	17		

Pour surmonter une hauteur de 2 lignes.

La charréte pour la même hauteur.

Avec les 4 rouës de 5 pouces	20	Avec les deux rouës de 5 pouces	35
Avec les 2 plus petites devant	30	Avec les deux plus petites	60
Avec les 2 de 3 pouces devant	25	Avec les deux de 3 pouces	48
Il n'en faut que la moitié ou approchant, quand une seule rouë touche la hauteur.			

Pour surmonter une hauteur d'une ligne.

Avec les 4 rouës de 5 pouces	15
Avec les 2 plus petites devant	21
Avec les 2 de 3 pouces devant	17.

La charrête pour la même hauteur.

Avec les 2 rouës de 5 pouces	27
Avec les deux plus petites	28
Avec les 2 de 3 pouces	31

Pour sortir du creux comme s'il manquoit un pavé sous chaque rouë.

Avec les 4 rouës de 5 pouces	9
Avec les 2 petites devant	18
Avec les 2 de 3 pouces	14
Si l'on met le fardeau sur les petites rouës de devant, étant dans le même creux	34
S'il est sur les rouës de derriere sur un terrein uni . . .	3

Pour la charrête à tirer du même creux.

Avec les 4 rouës de 5 pouces	18
Avec les 2 plus petites	34
Avec les 2 de 3 pouces	25

D'un creux ou entre-deux de pavé.

Avec les 4 rouës de 5 pouces	$4\frac{1}{2}$
Avec les 2 petites devant	8
Avec celles de 3 pouces	$6\frac{1}{2}$

Pour la charrête du même creux.

Avec les 2 rouës de 5 pouces	10
Avec les 2 plus petites . . .	15
Avec les 2 de 3 pouces . . .	11

Pour le Charriot sur le pavé.

Avec les 4 rouës de 5 pouces	$2\frac{1}{2}$
Avec les plus petites devant	$4\frac{1}{2}$
Avec les rouës de 3 pouces	$3\frac{1}{2}$
Si l'on met les rouës de 3 pouces derriere, & celles de 2 pouces devant	$4\frac{1}{2}$

Pour la charrête sur le pavé.

Avec les 2 rouës de 5 pouces	$4\frac{1}{2}$
Avec les 2 plus petites . .	8
Avec les 2 de 3 pouces . .	$6\frac{1}{2}$

Si on leve d'un pouce le bout de la planche où est la poulie

Pour le charriot.

Avec les 4 rouës de 5 pouces	$4\frac{1}{2}$
Avec les 2 plus petites devant	$6\frac{1}{2}$
Avec les 2 de 3 pouces devant	$5\frac{1}{2}$

Pour la charrête.

Avec les 2 rouës de 5 pouces	6
Avec les 2 plus petites . .	11
Avec les 2 de 3 pouces . .	8

Si on se sert de grandes rouës de 5 pouces 9 lignes, il faut un quart plus de force, ou à peu-près, que pour les rouës de 5 pouces, larges de 3 lignes, & cela tant par rapport au charriot, que par rapport à

LEÇON IV. la charréte, parce qu'étant fort étroites & quasi tranchantes elles entrent dans les séparations du pavé, & lorsqu'elles ont gliſſé, & qu'elles ſont entre deux pavés, pour remonter ſur un autre, il faut beaucoup plus de force, & elles vont moins vîte que les larges avec ce quart d'augmentation de force, quoiqu'elles ſoient encore plus grandes, & qu'elles ayent plus d'avantage ſur le terrein uni où il n'y a pas d'enfoncement.

COROLLAIRE I.

PAR où il eſt aiſé de juger que les charretiers qui veulent avoir des rouës dont les bandes ſoient fort étroites, afin de ſe tirer mieux des ornieres, & qu'elles coupent mieux la terre, ſe trompent très-fort, car ſi elles n'ont point de frottement à côté des jantes, étant plus étroites, elles enfoncent davantage, & gâtent plus les ornières, & pour peu qu'elles aillent dans les terres où il n'y a point d'ornières, elles fatiguent beaucoup plus les chevaux, puiſqu'il faut un quart de force de plus; ces ſortes de rouës ſont très-deſavantageuſes au public; car elles creuſent davantage les ornières.

COROLLAIRE II.

LE même inconvénient ſe trouve ſur le pavé, & les bandes des rouës étant étroites, elles s'uſent davantage, ne portant en quelque façon que ſur un point, & à meſure que les bandes s'uſent, elles s'arrondiſſent, & gliſſent encore plus fortement entre le pavé, qui les rompt bien plû-tôt que celles qui ſont plus larges de bande.

COROLLAIRE III.

PAR les expériences ſur la planche unie, on connoît que le frottement ſur les aiſſieux eſt peu conſidérable; car ſur le charriot avec les quatre rouës de cinq pouces 9 lignes, une balle dont 20 peſent 1 livre, entraîne un poids de 6 livres, ou un poidsde cinq avec les rouës de 5 pouces: le charriot peſant encore avec les grandes rouës, une livre & un quart, ou à peu-près; le tout feroit environ 130 balles; ainſi une balle ou une livre en entraîneroit 130, ou, ce qui eſt la même choſe, le frottement ſur l'aiſſieu emporteroit ſimplement la 130e. partie de la force, avec

de grandes rouës de cette proportion ; * car le terrein étant parfaitement uni, la réſiſtance n'eſt que ſur le frottement, qui eſt peu de choſe, par rapport aux enfoncemens que les rouës font dans la terre & dans les creux, d'où il les faut retirer. LEÇON IV. Note 4.

COROLLAIRE IV.

IL paroît par l'expérience de la charréte, dont le poids n'eſt que ſur deux aiſſieux, que le frottement y eſt double, par rapport au frottement qui ſe trouve ſur les quatre rouës du charriot, puiſqu'il faut le double de force pour la charréte, outre qu'elle ne part pas qu'on ne la pouſſe, au lieu que le charriot part tout ſeul; il paroît qu'il en faut de même le double, ou à peu-près, pour les rouës une fois plus petites; cela ne vient peut-être pas tout-à-fait du frottement ; car il devroit être double aux petites rouës par rapport aux grandes, puiſqu'elles font deux tours pendant que les grandes n'en font qu'un ; & quoiqu'il faille ébranler les deux petites rouës des charrétes, comme les grandes, elles vont auſſi un peu plus vîte que les deux grandes, & les deux grandes de la charréte, plus vîte que le charriot, quoiqu'elles aillent en zigue-zague ; cela vient auſſi peut-être en partie, de ce que les rouës ne ſont pas parfaitement rondes, ni d'équilibre ſur l'aiſſieu, ce qui n'eſt pas ſenſible au charriot, & par où l'on voit qu'il y a un grand deſavantage de ſe ſervir des charrétes, même par rapport au frottement.

COROLLAIRE V.

IL eſt aiſé de comprendre par les expériences ſur terre forte & ſur les ſables, que l'on perd généralement la moitié de la force, ou à peu-près, par les petites rouës étant devant à un charriot, au lieu de grandes ; car quoiqu'il ne paroiſſe pas que l'on en perd la moitié ſur la terre, quand elle eſt ferme, on en perdroit auſſi beaucoup plus de moitié, ſi elle étoit molle, comme on en perd plus dans le ſable ſec, & l'on ſeroit ſouvent embourbé avec les petites rouës aux endroits où l'on paſſeroit librement avec les grandes.

COROLLAIRE VI.

ET quoique ſur le pavé l'on n'en perde pas moitié, particu-

Leçon IV. lierement lorsque le charriot ou caroſſe va ſuivant le trot des chevaux, parce que la roue tombant d'un pavé, acquiert une certaine force pour remonter ſur l'autre, ſi on fait attention à la direction pour les traits des chevaux qui ſont appeſantis du jaret, tirant de bas en haut, il y aura bien la moitié de la force perduë ſur le pavé; mais eu égard à cette direction, il y en aura davantage pour les terres fortes & pour les ſables.

COROLLAIRE VII.

Cela joint à ce que l'aiſſieu du derriére a du pliant en arriére, & du devers en-deſſous, les rouës ne peuvant être libres; l'on ne doit pas s'étonner ſi les chevaux de caroſſes qui ſont vigoureux, bien penſés & bien nourris, ſont abattus pour avoir été deux ou trois heures au caroſſe, & avoir fait une lieuë ou deux dans les ruës, & qu'il en faut mettre quatre ou ſix pour aller en campagne, qu'ils ſont eſſouflés & hors d'haleine, pour avoir reculé deux ou trois pas en arriére, par la direction du timon bas, qui tend en partie à caſſer, au lieu que la direction & la force ſeroit employée toute entiére, pour reculer & pour avancer, ſi le timon étoit à la hauteur du poitrail, les rouës de devant étant hautes.

COROLLAIRE VIII.

Par où il eſt facile de connoître que les chevaux payent bien cher la commodité de tourner plus court, au lieu d'aller au bout d'une ruë pour prendre le tournant; car puiſqu'il y a le quart, ou peut-être la moitié des ruës, où l'on ne ſçauroit tourner ſans aller chercher une autre ruë de traverſe. Il n'y auroit pas grand inconvénient que les rouës fuſſent hautes, & les flêches ſans arc; il faudroit tout-au-plus traverſer un plus grand nombre de ruës pour tourner; mais les chevaux & les Cochers mêmes y gagneroient conſidérablement, en ce qu'ils ſeroient moins fatigués par les cahots, & pendant qu'ils tourneroient, les Maîtres ne perdroient pas de tems, puiſque l'action ſe feroit pendant qu'ils ſont à leurs affaires; d'ailleurs il y auroit bien moins de ſujetion à verſer. *

* L'Autheur ne prend pas garde que par-là on tomberoit dans une autre difficulté encore plus grande, qui eſt de remiſer les carroſſes; choſe impoſſible dans une ruë étroite, ſi les flêches ſont ſans arc, & ſi les rouës de devant ne ſont pas petites.

COROLLAIRE IX.

AINSI cette imagination d'arc qui a obligé à prendre de petites rouës, a bien plus d'inconvénient qu'elle n'a d'utilité pour les chevaux & les Cochers, ſans avoir égard à la dépenſe des arcs, des reſſorts qu'il a fallu imaginer, & du danger plus fréquent de verſer par l'élevation du caroſſe, cauſée par les reſſorts, ainſi qu'il a été dit.

COROLLAIRE X.

SUIVANT ces Expériences des grandes & des petites rouës; il n'eſt pas difficile de concevoir que les berlines ſont plus rudes pour les chevaux que les caroſſes; outre que les rouës de devant ſont ordinairement plus baſſes, c'eſt que les brancarts n'obéiſſent pas; la fléche qui plie renvoye un peu la roue en arriére, lorſqu'il y a un cahot à ſurmonter, & la retire après avec plus de vîteſſe; cela fait que la roue qui fait comme le coin, s'étend en arriére, & que le coin devient plus aigu; ſi elles ſont moins ſujettes à verſer, la chute en eſt plus forte; ſi elles coutent moins, les réparations en ſont plus fréquentes pour les rouës qui ne peuvent pas avoir de longs moyeux, & pour les brancarts, qui caſſent plus ſouvent que les fléches.

COROLLAIRE XI.

QUOIQU'IL paroiſſe qu'il n'y a pas tant d'avantage aux grandes rouës, pour monter & pour deſcendre, en ce qu'étant roulantes, elles fatiguent les chevaux en deſcendant; que les petites n'étant pas ſi roulantes, elles ne ſont pas ſi difficiles à retenir; que d'ailleurs en montant, les rouës de devant ne ſont pas ſi chargées; il ne faut pas tant de force à proportion des grandes, que ſur le terrein uni: on voit qu'il en faut toujours beaucoup plus pour les petites en montant, que pour les grandes, & qu'il y aura toujours même peine à proportion; car la direction étant beaucoup plus baſſe, fatigue auſſi les chevaux davantage; & ſi les grandes rouës ſont roulantes, les chevaux ſont à leurs forces pour retenir, le timon étant à peu-près à la hauteur du poitrail, au lieu qu'aux petites rouës le timon eſt fort bas; qu'il tend plus fortement à

LEÇON IV. casser, comme il arrive quelquefois en descendant : ainsi tout compensé, il y a au moins autant d'avantage à proportion pour les grandes, que pour les petites, en montant & en descendant; d'ailleurs pour un pas que l'on gagne en montant, on en gagne au moins cent sur un terrein égal.

COROLLAIRE XII.

IL y a un autre desavantage pour les petites rouës; elles cassent les pavés, & rompent les chemins plus que les grandes : outre qu'elles supportent plus de charge, elles ont moins d'appui, elles enfoncent davantage, & sautent bien plus haut; ce qui fait du tort aux maisons qu'elles ébranlent en passant; elles font aussi un bruit plus grand; elles éclaboussent beaucoup plus les passans.

COROLLAIRE XIII.

ON voit par la différence des terres fortes, du sable & du pavé, qu'il est toujours plus avantageux de prendre le pavé, & que ce n'est pas sans raison, que les chevaux fatiguent si fort dans les sables; qu'il est quelquefois plus à propos de prendre les sables pendant la pluye, que les terres quand elles sont fortes; mais qu'il vaut beaucoup mieux prendre les terres que le sable, quand il fait sec; car le sable devient moins difficile, pendant que la terre le devient davantage.

COROLLAIRE XIV.

SUIVANT l'effet de la charge avancée sur les petites rouës, où il faut 24 balles pour les tirer d'un creux, au lieu de 3, lorsque la charge est sur le derriére, n'étant pas dans un creux, & qu'il faudroit à proportion la même force ou à peu-près, sur le pavé & dans les terres : on voit qu'il vaut mieux en allant en campagne, mettre les gens, les valises & les habits sur le derriére, que sur le devant; ce qui est aussi le contraire de ce que la plûpart des Cochers font, s'imaginant, suivant leurs idées de chasse, que plus le devant est chargé, plus le carosse est roulant, au lieu que les Pages qui sont sur le devant, chargent & fatiguent deux fois plus les chevaux, que les Laquais qui sont derriére.

COROLLAIRE XV.

COROLLAIRE XV.

COMME on ſçait qu'il faut ajouter un quart de force au charriot & à la charrétte arrêtés dans les ſables, & plus encore pour les retirer, lorſqu'ils ont eu le tems de s'enfoncer, on doit connoître que quand on eſt embourbé & que les chevaux rebutent, l'on ne doit pas héſiter d'atteler les chevaux ſur l'arriére pour les retirer, & de paſſer dans un autre endroit, s'il eſt poſſible, ou de chaſſer vivement les chevaux pour ne pas donner le tems aux rouës d'enfoncer, & de prendre un peu loin, afin de donner une facilité aux chevaux, comme ſi on prenoit une ſécouſſe pour ſauter un foſſé. En faiſant les expériences, il ne faut pas donner le tems aux rouës de s'enfoncer ſur le ſable ni ſur la terre, mais les relever chaque fois, pour mettre des balles dans le ſac s'il n'y en a pas aſſez. On s'apperçoit même ſur le pavé qu'il faut plus de force, quand la charge eſt reſtée plus long-tems, parce que l'engrenage ſur l'aiſſieu & ſur le pavé ſe fait davantage, comme on l'a remarqué au ſujet des frottemens.

COROLLAIRE XVI.

IL eſt bon auſſi quand on va ſur les ſables, ſoit en tems ſec, ſoit en tems mouillé, de prendre les ornieres, parce qu'elles ne ſont pas embarraſſées, qu'il n'y a pas de frottement de côté & d'autre des jantes ou courbes, ni de terres à enlever; que le terrein y eſt plus ferme; car par l'expérience lorſque le charriot ou la charrétte avoit paſſé deux fois par les mêmes ornieres, il falloit preſque moitié moins de force pour la troiſiéme fois; ſur la terre de même que ſur le ſable; parce que les rouës n'enfonçoient qu'une demie ligne; c'eſt pourquoi ſur la terre & ſur le ſable, on rempliſſoit toujours les ornieres, afin qu'il y eût égalité pour les différentes expériences, & que la charrétte ayant paſſé après le charriot dans les expériences rapportées, elle a toujours eu l'avantage, & l'on auroit trouvé qu'elle perdoit encore plus ſur lesterres, ſi elle avoit paſſé avant le charriot.

COROLLAIRE XVII.

IL y auroit encore pluſieurs choſes à obſerver ſur les petites

LEÇON IV. roüës pour les creux, les hauteurs à ſurmonter & autres cas où l'on voit toujours un grand deſavantage ; s'il n'eſt pas ſi conſidérable pour les hauteurs à ſurmonter, où il n'y paroît que le tiers de perte ou approchant, parce qu'elles n'enfoncent pas plus en cette occaſion que les grandes ; il y a auſſi en d'autres occaſions plus de la moitié de perte, & de quelque maniére qu'on les puiſſe conſidérer, il y a toujours un plus grand deſavantage qu'il n'y a de facilité ou commodité apparente.

COROLLAIRE XVIII.

POUR les charréttes à deux roüës on voit ſuffiſamment le deſavantage qu'elles ont, en les comparant au charriot à quatre roüës égales ; & que ſi elles ont quelques facilités apparentes, comme celles de charger & de décharger, on perd beaucoup par peine que l'on évite ; cette peine eſt peu de choſe, & devroit être reputée pour rien. Tout ſe borne avec les roüës baſſes à la facilité de monter ; mais ſi on a de la facilité pour monter dans une chaiſe qui a des roüës baſſes, on paye bien cher d'un autre côté cette commodité par les cahots plus forts & par la fatigue que le cheval éprouve en tirant avec des roüës baſſes.

COROLLAIRE XIX.

LA facilité de charger & décharger avec de petites charréttes ne mérite d'être conſidérée que dans les villes, où il faut ſouvent charger & décharger ; mais pour les charréttes qui demeurent chargées pendant 8 ou 15 jours. Cette facilité eſt d'une très-petite conſéquence ſi les Charretiers ſe plaignent de la peine qu'il y a & du tems que l'on perd à charger ſur quatre grandes roüës ; qu'on leur propoſe de charger ſur des traîneaux, & on verra s'ils y trouveront autant de profit.

COROLLAIRE XX.

LES Charretiers qui ont des charréttes qu'on appelle haquets pour voiturer les vins, & qui veulent prendre des roüës fort baſſes pour avoir plus de commodité pour charger, & qui montent encore ſur le cheval, ne meriteroient-ils pas d'être attelés eux-mêmes à la charrétte, plûtôt que de crever ainſi des chevaux qui

seroient utiles au Public? Cette paresse est d'autant plus blamable qu'il ne faudroit que deux ou trois tours de tourniquet de plus, pour charger sur les plus hautes rouës, ce qui ne peut au plus passer que pour un moment de tems perdu l'invention du tourniquet donnant une facilité si grande pour charger, que l'on pourroit dire qu'il n'y a aucune peine. LEÇON IV.

COROLLAIRE XXI.

SI la charrétte a quelques avantages pour la direction des chevaux de devant, & par la hauteur des rouës, elle a un grand desavantage pour le limonier, particuliérement sur le pavé; une rouë descendant de dessus un pavé pousse le limon sur les flancs; l'autre rouë retombant après pousse l'autre limon, & le cheval se trouve battu des flancs de côté & d'autre, ce qui le creve le plus souvent dans les gros cahots, & ce qui fait qu'il faut tant de force pour la charrétte sur le pavé, & qu'elle ne fait que des ziguezagues étant tirée avec un cordon sur une poulie.

COROLLAIRE XXII.

UN autre desavantage c'est que le limonier porte une partie du fardeau: en montant la charge tombe en arriére & l'entraîne; en descendant tout le poids lui tombe sur le dos, & il est outre cela obligé de retenir tout seul un fardeau immense que l'on met sur la charrétte; de sorte qu'il y a lieu de s'étonner qu'il ne périsse pas plus de limoniers qu'il n'en périt, quoique l'on prenne les plus robustes & les plus forts; & le cheval ainsi fatigué de toute façon ne peut pas employer la même force pour tirer, que s'il étoit devant ou dans un limon de charriot, où il n'y a pas à porter, & où les limons ne lui donnent pas dans les flancs.

COROLLAIRE XXIII.

TOUT étant compensé, la perte que l'on fait de la force du limonier, l'enfoncement que les rouës ont de plus que celles du charriot, & la force qu'il faut de plus sur le sable, sur la terre forte, & sur le pavé; on pourroit juger qu'il y a double avantage ou à peu près, à se servir du charriot à 4 rouës égales, & aussi

Leçon IV. hautes que celles des charréttes; car la direction pour les chevaux ſeroit la même, & l'on peut juger de la force qu'il faut pour la charrétte ſur le ſable & ſur la terre forte, où elle va droit comme le charriot.

COROLLAIRE XXIV.

C'est mal-à-propos que les Charretiers qui ont des rouës neuves à leurs charréttes, attribuent au frottement des moyeux la fatigue que leurs chevaux ont, étant fatigués preſqu'au double, autant qu'il paroît, ſans qu'ils faſſent pour cela plus d'ouvrage; car dès qu'elles ont un peu tourné, elles ſont libres ſur l'aiſſieu, & quand elles ſont graiſſées, il n'y a pas plus de peine le ſecond jour que les jours ſuivans, ou du moins ce qu'il y en a de plus n'eſt pas ſenſible, puiſqu'on a vû que le frottement ſur l'aiſſieu n'eſt preſque rien; mais c'eſt la quantité des clous qu'ils mettent aux bandes de fer, & la hauteur dont ils débordent (qui va à un pouce ou environ) qui augmente la difficulté; chaque clou, ou chaque bande où il y a une grande ſéparation de clou équivalant à la hauteur d'une ligne à ſurmonter. Par l'expérience cette ligne fait un pouce, par rapport aux rouës réduites du pied au pouce, & puiſqu'il faut vingt fois plus de force ou environ pour ſurmonter cette hauteur d'un pouce & même d'un demi pouce, lorſqu'il faut remonter le fardeau ſur chaque pavé : à meſure que la roue tourne elle devient plus rude, lorſqu'elle ſe trouve ſur le pavé au milieu de la bande, & aux entre-deux des bandes où il n'y a pas de clou : il eſt donc aiſé de juger que les chevaux doivent être conſidérablement fatigués par ces clous, & que c'eſt la vraye cauſe qu'ils le ſont.

COROLLAIRE XXV.

Par où l'on voit qu'il eſt néceſſaire que les rouës ſoient rondes, & que les Charretiers qui prétendent épargner, en mettant quantité de gros clous, parce que la bande ne s'uſe pas tant quand il y a des clous, ſont dans l'erreur & perdent au double en faiſant moins d'ouvrage, & fatiguent leurs chevaux davantage.

COROLLAIRE XXVI.

Ces clous font le même effet que la bande étroite, ils gliſſent

entre les pavés, ils y trouvent plus de hauteur à surmonter, en relevant le fardeau sur le milieu du pavé, d'où ils glissent encore quelquefois, ou d'un côté ou d'un autre, ce qui arrondit les bandes & les rend plus glissantes entre les pavés & dans les ornieres que font les ruisseaux au milieu des ruës; ce qui fait que les bandes étroites sont plûtôt rondes, s'usent davantage, & qu'étant rondes elles fatiguent les chevaux presque comme s'il y avoit des clous. LEÇON IV.

COROLLAIRE XXVII.

CELA fait assez connoître qu'il y a de l'avantage pour les rouës larges de bandes sur le pavé comme sur terre, ainsi qu'il a paru par l'expérience des grandes rouës étroites sur le pavé, & qu'eu égard à cette peine que les chevaux ont de retirer les rouës quand elles sont dans l'orniere ou le ruisseau des ruës; eu égard au dommage que l'on fait au pavé dans cet endroit & à la perte que l'on fait des bandes des rouës qui s'y usent considérablement & qui s'arrondissent; il paroît qu'il y auroit moins d'inconvénient de faire cette orniere en forme d'auge; c'est-à-dire un peu plus large & plus étenduë, comme JE (*Figure* 14. *Planche* 17.) au lieu de LM (*Figure* 15.) qui est la maniére dont les ruisseaux sont ordinairement dans les ruës. Planche 14. Figure 17.

COROLLAIRE XXVIII.

CETTE forme donneroit plusieurs avantages, les bandes des rouës s'arrondiroient bien moins & ne casseroient pas tant le pavé; le ruisseau dureroit plus long-tems, parce qu'il ne recevroit pas de si gros coups; chaque pavé supporteroit presqu'aussi également l'effort qu'il le supporte vers les maisons, au lieu que la rouë étant élevée sur les deux pavés qui croisent, il y en a toujours un plus bas qui supporte le tout coup seul, & qui enfonce de plus en plus, ou qui se rompt; de-là vient que les pavés manquent plûtôt; il arrive encore que le pavé étant nouvellement rétabli, l'eau reste sur le pavé du milieu qui est déja plus enfoncé, elle y séjourne lorsqu'il pleut, il y en a toujours pendant l'été; de sorte que les petites rouës ou les pieds des chevaux tombant dedans, éclaboussent les passans, au lieu que l'eau couleroit dans les ruisseaux s'ils étoient en forme d'auge, comme elle coule sur le reste du pavé;

LEÇON IV. les ruiſſeaux ne ſeroient pas trop larges lorſqu'il pleut fort; parce qu'ils auroient plus d'étenduë par le bas, l'eau iroit plus vîte, les paſſans ne ſeroient pas ſi ſujets à être éclabouſſés.

COROLLAIRE XXIX.

IL paroît auſſi que l'on pourroit faire les ruiſſeaux ou égouts des maiſons plus petits & moins ſenſibles, ou plûtôt n'en point faire du tout; car l'eau couleroit auſſi-bien venant des maiſons que quand il pleut; cela ſe pourroit faire en baiſſant un peu le pavé quand on pave, ou en obligeant les proprietaires de relever le pavé de leurs maiſons; car ces égouts ſont très-rudes pour les paſſans & cauſent un préjudice conſidérable, aux chevaux & aux perſonnes même qui ſont en caroſſe, quoique les paſſans ne s'apperçoivent pas qu'il faut s'arrêter un peu à chaque égout, en ce qu'il faut faire un petit pas pour en faire après un grand, afin d'enjamber l'égout; il eſt néceſſaire que cela arrive puiſqu'on fait à ces endroits de grands & de petits pas; & pour peu que le centre de gravité ou le corps en mouvement s'arrête, l'action venant à charger fatigue conſidérablement, cela arrive toujours en paſſant les ruiſſeaux. C'eſt par cette ſeule raiſon qu'en marchant dans *Paris* pendant une heure, on eſt plus fatigué que ſi l'on marchoit pendant deux ou pendant trois heures en campagne quand même ce ſeroit ſur le pavé; parce qu'à la campagne le corps ſuit toujours ſon même mouvement, ſans qu'il ſoit interrompu; il en arriveroit la même choſe ou à peu-près dans *Paris*, s'il n'y avoit pas d'égout ſortant des maiſons, ou qu'ils fuſſent fort petits, & qu'il n'y eut que le ruiſſeau au milieu de la ruë un peu large; les perſonnes qui ſont en caroſſes ſeroient auſſi moins cahotées.

COROLLAIRE XXX.

LE charriot a de l'avantage pour le public par rapport au pavé & au chemin, comme il en a par rapport au particulier qui s'en ſerviroit préférablement aux charrettes, parce qu'elles ſont d'un grand poids par leur conſtruction, & qu'on les ſurcharge d'une maniére à tout rompre; le poids énorme que l'on met n'étant porté que ſur deux points ou ſur deux roues, enfonce dans les terres, & fait des ornieres exceſſives, & la roue élevée ſur un clou au haut d'un pavé tombant ſur un autre, le caſſe ou

l'enfonce d'une maniére plus préjudiciable que s'il paſſoit ſur ce pavé 10 & 20 charriot, chargés d'un même poids que celui qui ſeroit ſur la charrétte ; car la roue du charriot tombant de la même hauteur que la roue de la charrétte, le poids n'étant que moitié, le coup ou l'effort n'eſt par conſéquent que moitié. Or le pavé étant de la nature du verre ou à peu près, il ne rompra pas qu'il ne reçoive un coup ſuffiſant, & cent coups moitié moindres que ce coup ſuffiſant ne le rompront pas ; ainſi le coup de la charrétte étant ſuffiſant pour rompre un pavé, cent coup de la roue du charriot qui ſeront moitié moindres ne rompront pas le même pavé ; & pouvant ſupporter l'effort de la roue du charriot ſans enfoncer, il peut arriver qu'il ne ſupportera pas l'effort de la roue de la charréte ; ainſi les charréttes, les petites roues, les bandes étroites des roues & les gros clous ſont deſavantageux pour le public & pour tous ceux qui s'en ſervent préférablement au charriot. LEÇON IV.

COROLLAIRE XXXI.

PAR les expériences faites ſur la terre & ſur les ſables, on connoît combien il eſt de conſéquence d'avoir des chemins fermes & ſolides, puiſqu'il y a une ſi grande différence de l'un à l'autre, & que l'on ſçait aſſez que la facilité de tranſporter les marchandiſes, ſoit par eau, ſoit par terre, contribue à la richeſſe artificielle des Etats & des Provinces ; que ſi l'on conſidéroit bien toutes choſes, l'on trouveroit que le travail & le tems que l'on employe pour rétablir les chemins, eſt l'un des plus néceſſaires & le mieux employé de tous.

COROLLAIRE XXXII.

DANS ce Corollaire & dans les trois ſuivans, M. Camus *ſe plaint que les Loix & les Ordonnances pour raccommoder les chemins & ſur les matiéres rélatives aux voitures ne ſont pas bien obſervées, & il remarque qu'un Fermier qui employe pluſieurs chevaux pour tirer une grande charrétte fort chargée, fait plus de dégats le long de pluſieurs milles en une ſeule fois que n'en feroient cent autres, chargées comme elles devroient être ſelon les Reglemens, & en conſéquence il propoſe les Corollaires ſuivans.*

COROLLAIRE XXXVI.

ON pourroit faire quelques Reglemens pour le bien public, qui seroient aussi avantageux à chaque particulier, comme de défendre de mettre plus de deux chevaux à une charrétte & quatre à un charriot ; les Rouliers gagneroient plus avec quatre chevaux au charriot qu'ils ne gagnent avec 6 à une charrétte.

COROLLAIRE XXXVII.

IL faudroit défendre aussi de faire des rouës qui n'ayent pas quatre pieds & demi ou cinq pieds de haut pour le moins ; il faudroit ordonner que les bandes de fer ayent trois pouces & plus de larges, les jantes trois pouces & un quart de hauteur pour les moindres, ce qui suffiroit pour les carosses ; il faudroit quatre pouces pour les charriots ou charréttes, ce qui suffiroit aussi ; parce qu'il ne faut pas une plus grande largeur pour les rendre suffisammeut fortes.

COROLLAIRE XXXVIII.

IL faut ordonner que l'on ne fasse point de clou à tête, & qu'il y en ait plusieurs à chaque bande de fer qui passent au travers pourêtre rivez ou reployez, & pour empêcher que les bandes ne s'élevent ; car deux clous à écrouë à travers chaque bande ou avec une contre-rivure feroient plus d'effet pour les retenir que 6 clous avec des têtes ; l'on pourroit également faire aux Forges des bandes de trois pouces plûtôt que de les faire de deux ; &, parce qu'elles s'usent plus sur les bords, il seroit aisé avec un tas fait exprès de les faire moins épaisses par le milieu étant creuses du côté de la jante, comme DC (*Figure* 16.) ces bandes étant appliquées à chaud sur les jantes, les empêcheroient encore un peu de fendre, elles ne chargeroient pas plus, & ne couteroient pas davantage ; ces choses seroient avantageuses au public, conserveroient les chemins & épargneroient du tems & de la dépense que l'on y employe pour les reparer ; il semble que chacun en particulier devroit les souhaiter & les faire executer pour soi-même.

COROLLAIRE XXXIX.

COROLLAIRE XXXIX.

ON pourroit faire les moyeux des rouës de caroſſes un peu plus gros par le milieu & ne les pas percer de part en part pour les rais, parce qu'ils ne recevroient point de graiſſe & ne dérayeroient pas ſi-tôt ; on pourroit auſſi-bien les faire de quinze ou ſeize pouces de long, & faire le gros bout un peu plus petit, puiſque la longueur du moyeu ne cauſe pas plus de frottement & qu'il ſoutient la rouë plus droite.

Les rais devroient être auſſi quartés-longs par le bas, afin d'avoir un épaulement qui les ſoutiendroit beaucoup mieux, que s'ils étoient tout ronds comme ils le ſont ordinairement, & qui empêcheroient les rouës de ſe dérayer & de faire le bruit qu'elles font, particuliérement l'été ; cela feroit qu'il ne ſeroit pas néceſſaire de les enfoncer ſi avant, ni de percer ces moyeux tout-à-fait.

Ces épaulemens ſe pourroient tracer avec une fauſſe équerre, pour les entailler comme les Menuiſiers marquent leurs tenons, & cette fauſſe équerre taillée ſuivant l'inclinaiſon que l'on donne aux rais pour rendre les rouës écouées, ſerviroit de même pour faire la mortoiſe dans les moyeux ſuivant qu'il ſeroit néceſſaire, &c.

M. Camus *termine ſes réfléxions ſur cette matiére, en obſervant qu'une chaiſe de poſte à deux rouës eſt ſujette à tous les inconveniens qu'on a trouvé dans les charéttes, & qu'elle a outre cela l'inconvénient du ſecond cheval qui tire de côté ; ainſi pour la commodité des chevaux auſſi-bien que des voyageurs, il voudroit que toutes ces chaiſes euſſent quatre rouës, & que le Conducteur ne fût pas à cheval, mais ſur un ſiége comme un Cocher ; & qu'enfin les rouës de devant fuſſent auſſi hautes que celles de derriére.*

Outre le frottement qu'on vient d'expliquer, il y a un autre obſtacle au mouvement dans pluſieurs machines, & c'eſt la difficulté que les cordes ont de ſe rouler, laquelle croît, ſelon la groſſeur & la roideur de la corde, ſelon le poids qu'elle porte & la petiteſſe des diametres des corps où elle ſe roule. J'appellerai auſſi frottement cet obſtacle ; parce que l'on doit y faire autant d'attention qu'au frottement des parties de la machine, autrement on trouveroit toujours l'effet des puiſſances par le moyen des machines moindre qu'on ne l'avoit cru.

LEÇON IV. M. *Perrault* dans ſon Commentaire ſur *Vitruve* donne la deſcription d'une machine de ſon invention, par laquelle il prétend éviter tous les frottemens. Cette machine eſt un tour employé d'une nouvelle maniére ; mais comme il n'eſt pas exempt de frottement ou de l'obſtacle qui réſulte de la difficulté de plier les cordes, l'effet ne ſçauroit répondre en aucune maniére au but qu'il ſe propoſe ; car dans l'execution il paroît que ſa machine a plus du double (quelquefois plus du triple ou du quadruple) du frottement de la même machine employée à la façon ordinaire, lorſque le pivot ou l'aiſſieu de fer a pour diamétre la 12e partie du rouleau ou de l'aiſſieu de bois. Il dit à la verité que ſa machine a été éprouvée & a réuſſi ; mais l'ayant examinée avec ſoin, je trouve qu'il eſt impoſſible qu'elle réuſſiſſe de la façon qu'elle eſt décrite, & afin que perſonne ne fût tenté de faire la dépenſe inutile de cette machine en grand, j'en ai démontré le deſavantage en preſence de la Societé Royale, & j'ai fait voir qu'outre le frottement (que ſon Auteur a négligé) il y avoit un grand inconvénient dans l'application de la machine ; & je l'ai confirmé par des expériences faites ſur un modele d'un pouce à un pied, en ſupoſant la grande roue de 5 pieds.

M. *Perrault* donne l'explication de ſa machine en cette maniére :

„ A l'imitation de la gruë, j'ai inventé deux machines pour élever „ les fardeaux : la premiere ſe fait par le moyen de celui de tous „ les organes qui eſt reputé le plus avantageux dans la méchanique pour faciliter le mouvement, parce qu'il eſt exempt de „ l'inconvénient qui ſe trouve dans tous les autres ; qui eſt ce „ que nous appellons le frottement des parties de la machine, „ qui rendent ſon mouvement plus difficile. Cet organe eſt le „ rouleau qu'Ariſtote préfere à tous les autres organes, parce „ que tous les autres comme les roues, les moulinets & les „ poulies frottent néceſſairement par quelque endroit. Mais la „ difficulté étoit d'appliquer le rouleau à une machine qui éleve „ des fardeaux, ſon uſage n'ayant été juſqu'à preſent que pour „ les faire rouler ſur un plan à niveau. La machine que je pro- Planche 17. figure 18. „ poſe a une baſe A A B, à peu près (*Planche* 17. *Figure* 18.) „ comme la gruë ; cette baſe a par en haut des mortoiſes B, qui „ embraſſent un arbre C O, qui eſt poſé droit ſur ſon pivot O, „ ſur lequel on fait tourner la machine, de même que la gruë „ quand on veut poſer le fardeau. Cet arbre ſoutient par en haut „ un travers D D, auſquels ſont attachés les cables E E, qui

„ s'entortillent autour du treüil ou rouleau F, qui a un autre Leçon IV.
„ cable G, qui eſt auſſi entortillé à un de ſes bouts; ce dernier
„ cable eſt celui qui éleve le fardeau. A l'autre bout du treüil il
„ y a une grande rouë de bois en forme de poulie H H, à l'entour
„ de laquelle une longue corde N eſt entortillée.

„ Pour faire agir la machine on tire la longue corde N, qui
„ faiſant tourner la grande poulie, fait auſſi tourner le treüil F
„ qui y eſt attaché. Ce treüil en tournant fait que les cables E E
„ s'entortillent; & cet entortillement fait que le treüil & la grande
„ poulie montent, & qu'en même-tems le cable G, auquel le
„ fardeau eſt attaché, s'entortille auſſi d'un autre ſens ſur le treüil,
„ & ce double entortillement fait monter le fardeau en même-
„ tems que le treüil monte. Or il eſt évident que toute cette
„ élèvation ſe fait ſans que rien frotte, & que par conſéquent
„ toute la puiſſance qui tire le cable N, eſt employée ſans empê-
„ chement, ce qui n'eſt point aux autres machines. On peut
„ objecter que la puiſſance qui agit en N, doit outre le fardeau
„ lever auſſi le treüil & la grande poulie, & que la peſanteur eſt
„ de ces obſtacles qu'Ariſtote dit ſe rencontrer dans toutes les
„ autres machines. Mais la réponſe eſt que le frottement eſt un
„ obſtacle inévitable dans toutes les autres machines, & qu'il eſt
„ aiſé d'apporter remede aux obſtacles qui ſont dans celle-ci:
„ ce qui ſe fait par le moyen du poids M que l'on rend égal à la
„ peſanteur du treüil & de la grande poulie qui ſont élevés &
„ ſoutenus par la corde J J, laquelle paſſant ſur les poulies L L
„ eſt attachée à l'anneau K, qui embraſſe le treüil F. Car le treüil
„ & la grande poulie étant contre-peſée par ce poids, la puiſſance
„ qui agit en tirant la corde N, n'agit plus que pour l'élevation
„ du fardeau.

„ L'expérience qui a été faite de cette machine a confirmé la
„ vérité de ce problême, lorſque ſes effets ont été comparés
„ avec ceux d'une gruë, dans laquelle les proportions de la
„ groſſeur du treüil avec la circonférence de la rouë étoient
„ pareilles à celles de ces mêmes parties dans ma machine; car
„ il s'eſt trouvé qu'à la gruë un poids de ſept étoit emporté par le
„ poids d'un, pendu à une corde entortillée ſur la rouë, lorſqu'on
„ y avoit ajouté une demie partie pour le trait; & l'on a trouvé
„ que lorſqu'on augmentoit le poids à élever & celui qui élevoit
„ à proportion, il falloit pour faire trebucher que le poids du trait
„ fût auſſi augmenté à proportion; de maniére que comme il

LEÇON IV.

„ falloit une demie partie pour le trait à ſept parties, il en falloit „ une entiére à quatorze, deux à vingt-huit, quatre à cinquante- „ ſix & ainſi à proportion, à cauſe que la réſiſtance du frottement „ augmente à peu près par une même proportion, à meſure que „ les poids ſont augmentés. Mais cela n'eſt point arrivé à ma „ machine dans laquelle un quart de partie a toujours ſuffi pour „ le trait non-ſeulemenr des ſept, mais des quatorze, des vingt- „ huit, des cinquante-ſix & des autres; ce qui eſt une marque „ évidente que cette machine agit ſans aucun frottement.

Ainſi parle M. *Perrault;* mais quelque plauſible que puiſſe paroître cette deſcription, un peu d'attention fera voir que ſi cette nouvelle machine n'a point de frottement, elle eſt cependant plus incommode qu'un tour, avec les mêmes proportions, & qu'elle a auſſi plus de frottemens que la même machine n'en a dans l'uſage ordinaire. A C E (*Planche* 18. *Figure* 1.) eſt le *tour* ordinaire dont la rouë A B a un diamétre cinq fois plus grand que celui de l'aiſſieu; en ſorte que A C rayon de la rouë (qui eſt la diſtance de la puiſſance) eſt à C B rayon de l'aiſſieu (diſtance du poids) comme 5 eſt à 1; par conſéquent *un* (par exemple une once, comme dans notre expérience) doit tenir *cinq en équilibre.* Mais quoique le frottement du tourillon en C ſoit inévitable, on peut cependant le diminuer, en diminuant le diamétre du tourillon; * pourvû qu'il ſoit aſſez fort pour ſoutenir la machine avec ſon poids. Ici le poids d'un denier ou de $\frac{1}{20}$ de la puiſſance lui étant ajouté la fait prépondere, & donne au mouvement de la machine une vîteſſe convenable.

Planche 18. Figures 1 & 2.

* Note 4.

Au contraire la machine employée ſelon la méthode de M. *Perrault* altére tellement les diſtances des poids & de la puiſſance, qu'au lieu d'*un* pour notre puiſſance, il nous faut *deux & demi* pour tenir en *équilibre* le même poids *cinq*, comme on le voit par la ſeule inſpection de la 2e *Figure*, où puiſque dans l'action de la machine, lorſqu'on tire la corde P A, on fait rouler l'aiſſieu D B ſur la corde H D, il eſt évident que D eſt devenu le centre du mouvement D B (toute l'épaiſſeur de l'aiſſieu) la diſtance du poids = 2, & la diſtance de la puiſſance eſt réduite à A D = 4. En ſorte que ſi deux hommes ayant été employés ſelon la méthode ordinaire à élever des poids égaux à la force de dix hommes, & qu'un Machiniſte change leur maniére d'operer, & ſubſtitue au *tour* ordinaire celui de M. *Perrault*, au lieu d'y trouver un avantage, il verra qu'il lui faut trois hommes de plus pour

élever ces poids. * Si l'on répond, que ce que l'on a perdu en force, on le gagne en tems; on peut dire que cette machine ne peut pas être utile dans certaines occasions imprevûes où l'on a besoin de forces; & quand ce ne seroit pas là un inconvénient il y auroit toujours plus de frottement dans cette machine que dans le tour ordinaire; car le rouleau ou aissieu doit trouver de la difficulté à rouler les cordes, parce qu'elles ne sont pas parfaitement pliables, & que moins elles le sont, plus doit être grand le poids qui les allonge. Cela joint au frottement du collier de la corde qui porte le contre-poids de la machine, rend l'obstacle plus grand que dans la méthode ordinaire. Car j'ai trouvé par mes expériences que lorsque la puissance devient égale à $2\frac{1}{2}$, elle tient 5 en *équilibre*, & qu'il faut y ajouter $\frac{1}{5}$, (c'est-à-dire ici le poids de 4 deniers) pour la mettre en mouvement.

LECON IV.

* Note 1.

Or pour faire voir que ce frottement des cordes n'est pas toujours le même, comme M. *Perrault* le suppose, lorsque P (ou la puissance, *Figure* 2.) n'est que d'une once, & W (ou le poids) de 2 onces, il ne faut alors pour faire préponderer la puissance que le poids de 2 deniers & 18 grains; mais lorsque P est $= 2\frac{1}{2}$, & W $= 5$, le poids additionnel marqué $\frac{1}{5}$ étoit de 4 deniers & 2 grains..

Planche 18. Figure 2.

Par-là on voit clairement que les expériences de M. *Perrault* ont été faites fort négligemment & qu'on ne peut pas y compter.

Je me suis un peu étendu sur cette machine, parce qu'on peut se laisser entraîner dans l'erreur par l'autorité d'un homme de grande reputation qu'on ne soupçonne pas aisément s'être trompé.

Quoiqu'il soit pour le moins aussi difficile de rendre compte des forces requises pour plier les cordes de différens diamétres (tendues par différens poids en les entortillant autour des corps de différentes grosseurs) que de donner une théorie exacte du frottement; cependant il seroit aussi préjudiciable à la méchanique pratique de ne pas considérer la perte du mouvement occasionnée par cette tension des cordes que de négliger le frottement des parties d'une machine. Ainsi quoique les différentes matiéres qui composent une corde, leur différente roideur, selon qu'elles sont plus ou moins torses, & quelquefois la temperature de l'air (sec ou humide) dans le tems qu'elles sont employées, concourent à rendre nos conclusions très-difficiles & peu exactes; cependant il nous paroît qu'il sera très-utile de

LEÇON IV.

donner ici la meilleure théorie que nous pourrons avoir, & de faire mention pour y parvenir de quelques experiences qui ont été faites sur des cordes très-bonnes dans leur espéce & médiocrement torses; parce que si l'on a tendu par le moyen d'un poids connu autour d'un cylindre, d'un rouleau ou d'une poulie, une partie de corde de quelque longueur, d'une épaisseur égale & torduë également d'un bout à l'autre, & si l'on a observé quelle force doit la faire plier autour d'un rouleau dont le diamétre est donné, on trouvera quelle autre force est requise pour la plier autour d'un autre corps, & lorsqu'elle sera tenduë par un poids différent; & d'ailleurs dans les cordes nouvellement faites la difficulté de les plier, le reste étant égal est à fort peu près comme leurs diamétres (& non pas comme leurs *solidités*.)

EXPÉRIENCES.

Planche 18. Figures 3, 4.

J'AI attaché à deux crochets immobiles R R les deux cordes R *r*, R *r* à la distance d'environ 8 pouces l'une de l'autre; & j'ai suspendu à leur bout inférieur le bassin S S sur lequel j'ai placé les poids W pour tendre les cordes. Ensuite j'ai pris successivement trois cylindres tels que C *c*, chacun d'un pied de longueur (l'un d'un demi pouce, l'autre d'un pouce, & le troisiéme d'un pouce & demi de diamétre) & ayant entortillé les deux cordes autour de l'un de ces cylindres, comme on peut voir dans la figure, j'ai mis des poids dans le petit bassin *s* qui par le moyen du ruban *m* J portoient en bas le cylindre vers W, ayant soin toujours d'empêcher les frottemens des parties des cordes les unes contre les autres, & roulant le cylindre en haut & en bas deux ou trois fois avant que d'y fixer le poids qui l'entraîne.

N. B. *Ce poids comprend celui du cylindre & du bassin.*

Dans la 4e *Figure* C représente la section du cylindre ou rouleau autour duquel la corde R *r* s'entortille, K L son diamétre & *m s* le petit bassin & le ruban comme ci-devant.

Le poids W peut toujours être regardé comme celui qui tend la corde; parce que (quoiqu'il tende les cordes & que par conséquent chacune ne soit tenduë que par la moitié de ce poids) le cylindre C *c* (*Figure* 3.) tiré en bas par le poids *s* plie ou entortille les deux cordes en C & *c*, ce qui lui donne autant de difficulté pour descendre que si une seule corde portant tout le poids étoit entortillée autour de ce cylindre.

TABLE DES EXPE'RIENCES *qui marquent les forces requiſes pour plier des cordes de différens diamétres, tenduës par différent poids autour des rouleaux de différentes épaiſſeurs.*

Quantité du poids W qui tend la corde exprimée en livres *aver du poids*	Réſiſtance de la corde autour d'un cylindre d'un demi pouce de diamétre en $\frac{2}{3}$ *aver du poids.*	Réſiſtance de la corde autour d'un cylindre ou rouleaud'unpouce de diamétre en $\frac{2}{3}$ *aver du poids.*	Reſiſtance autour d'un rouleau d'un pouce & $\frac{1}{2}$ de diamétre en $\frac{2}{3}$ *aver du poids.*	Diamétre des cordes à trois cordes, exprimées en dixiémes d'un pouce.
60 l. . . .	225 $\frac{2}{3}$ . .	112 $\frac{1}{2}$ $\frac{2}{3}$ . . .	75 $\frac{2}{3}$	. . . 0, 5
	90 . . .	45	30	. . . 0, 2
	45 . . .	22 $\frac{1}{2}$	15	. . . 0, 1
40 l. . .	150 $\frac{2}{3}$ . .	75	50	. . . 0, 5
	60 . . .	30	20	. . . 0, 2
	30 . . .	15	10	. . . 0, 1
20 l. . .	75	37 $\frac{1}{2}$	25	. . . 0, 5
	30	15	10	. . . 0, 2
	15	7 $\frac{1}{2}$	*	. . . 8, 1

* *Ici l'expérience n'a pas pû ſe faire, parce que le cylindre de* 1 $\frac{1}{2}$ *pouce de diamétre qu'il auroit fallu employer peſoit environ* 8 *onces, & qu'il paroît par analogie que le poids requis pour plier la corde ne devoit être que de* 5 *onces.*

OBSERVATIONS SUR LA TABLE PRE'CEDENTE.

ON a pris le milieu dans la plûpart des expériences dont il eſt ici queſtion, la difficulté de plier les cordes étant quelquefois un peu plus petite & d'autres fois un peu plus grande.

On peut de cette table en tirer une autre plus étendue en y marquant des nombres proportionnels pour les autres épaiſſeurs différentes des cordes & pour de plus grands diamétres de cylindre ou rouleaux; mais dans les cordes d'un diamétre plus grand qu'un demi pouce, un rouleau d'un demi pouce eſt trop petit, & il eſt bien rare qu'on s'en ſerve dans la pratique, & même en

Leçon IV.

pareil cas le ployement des cordes est plus difficile à proportion que dans les autres expériences; dans celles que j'ai faites, la corde 0, 5 d'un pouce de diamétre exige communément plus que je n'ai marqué ici.

Je trouve que le cordon d'une horloge de 0, 1 pouce de diamétre lorsqu'il est fait au métier, demande plus de force pour le plier, qu'une corde entortillée de la même épaisseur, laquelle paroît plus roide; mais si l'on fait attention que le fil fait au métier s'applatit à mesure qu'il se roule autour du cylindre; on verra que cela doit faire le même effet que si le cylindre étoit devenu plus petit, un tour d'un pareil fil faisant par ses parties centrales un moindre cercle qu'une corde entortillée qui ne s'applatit pas.

M. *Amontons* a fait plusieurs expériences de cette espéce qui sont rapportées dans les Mémoires de l'*Académie Royale* des Sciences à Paris pour l'année 1699. & il a calculé une table de la force requise pour plier les cordes; mais je ne puis pas conseiller l'usage de cette Table, parce qu'elle est calculée sur une mépriſe; car il dit que la difficulté de plier une corde de la même épaisseur & chargée du même poids décroît lorsque le diamétre du rouleau augmente, mais qu'elle ne décroît pas autant qne ce diamétre augmente. Cependant j'ai trouvé par un grand nombre d'expériences que j'ai répetées plusieurs fois que la difficulté décroît directement autant que le diamétre du rouleau augmente; c'est-à-dire, que *la difficulté de plier une corde autour d'un rouleau, est*, tout le reste étant égal, *en raison inverse du diamétre du rouleau.*

N. B. Je crois que la mépriſe de M. *Amontons* vient des parties de la corde qui frottoient les unes contre les autres; ce que j'ai toujours eu soin d'éviter.

Lorsqu'une corde est passée au-dessous ou au-dessus d'une roue de poulie, la difficulté de la plier est aussi grande que si elle entouroit totalement un rouleau, ce que l'on verra en faisant attention à la *Figure* 4e de la *Planche* 18. car pendant que la corde se roule autour du cylindre C dans la direction *r* K L, la partie inférieure L *o* K s'entortille d'elle-même sans aucune difficulté.

Planche 18. Figure 4.

J'ai donné dans cette Leçon, (tout au commencement) des regles pour le frottement dans une machine composée, & j'ai fait voir par un exemple l'application de ces regles; mais je n'y ai pas compris la difficulté de l'entortillement des cordes. Maintenant je vais donner un autre exemple où je considére aussi cette difficulté, & je fais voir combien la théorie s'accorde avec l'expérience

l'expérience faite avec une machine faite avec toute l'exactitude possible pour rendre la compensation plus juste. LECON IV.

Cette machine est composée de trois poulies (deux *supérieures* & une *inférieure* ou *d'une mouffle à trois*) dont les diamétres sont exactement comme il suit, sçavoir de deux pouces, d'un & un quart, d'un & demi; & tous les aissieux d'un quart de pouce exactement, & la corde d'un dixiéme d'un pouce d'épaisseur. Le poids est de 18 livres *averdupoids*, & par conséquent la puissance qui le tient en *équilibre* doit être de 6 livres, & il ne faudroit ajouter que très-peu pour lui faire élever le poids, s'il n'y avoit point de frottement; mais ici il ne faut rien que 20 onces, quoique la machine soit fort exacte.

J'ai fait voir (dans la regle 2, *page* 197) que les deux tiers de la puissance sont égaux au frottement d'un cylindre, dont la surface se meut aussi vîte que la puissance & dont les tourillons sont égaux en diamétre au cylindre. Mais comme le diamétre de la premiere poulie est huit fois plus grand que son aissieu, son frottement doit être de 4 livres divisées par 8, ou 8 onces; parce que comme la surface de sa circonférence se meut avec la même vîtesse que la puissance, sa surface qui frotte contre l'aissieu doit se mouvoir huit fois plus lentement.

La 2e poulie 2, dont la surface se meut une fois aussi lentement que la puissance, & dont l'aissieu est six fois moindre en diamétre, doit par conséquent n'avoir son frottement que de $5\frac{1}{3}$ onces; parce que deux tiers de la puissance, ou 64 onces doivent d'abord être divisées par 2 à raison de la vîtesse de la surface de la poulie qui n'est que la moitié de celle de la puissance, & ensuite encore par 6, parce que l'aissieu étant six fois plus petit, les parties qui frottent sur l'aissieu doivent se mouvoir encore 6 fois plus lentement; en sorte que $\frac{64}{2} = 32$ & $\frac{32}{6} = 5\frac{1}{3}$ onces.

La 3e poulie 3, se mouvant avec le tiers de la vîtesse de la puissance, il faut diviser 64 onces par 3, & ce quotient encore par 5, parce que l'aissieu est ici $\frac{1}{5}$ du diamétre de la poulie; en sorte que les parties de cette poulie qui frottent ont leur vîtesse, un cinquiéme d'un tiers ou $\frac{1}{15}$ de la vîtesse de la puissance; & par conséquent $\frac{64}{15}$ donneront 4, 26, &c. onces. Or la somme de tous ces frottemens (sçavoir 8 onces + 5, 333, &c. onces + 4, 26, &c. onces) fait 17, 6 onces, qui est la 5e & $\frac{4}{10}$ partie de la puissance. Cette addition a la puissance doit aussi augmenter le frottement de maniére à exiger une nouvelle addition de la 5^e^

LEÇON IV. & $\frac{4}{10}$ partie de cette premiere addition, & ainſi de ſuite dans cette ſerie 17, 62 onces + 3, 2 onces (qui eſt $\frac{17,62}{5,4}$) + 0, 59 onces (qui eſt $\frac{3,2}{5,4}$) &c. en tout 21, 55 onces.

Il faut encore ajouter à cela le frottement ou réſiſtance eu égard à la difficulté de plier les cordes que l'on peut trouver par la derniere table en cette maniére.

Suppoſons que la partie de la corde qui eſt en 1 côté de la premiere ou ſupérieure poulie y ſoit fixée, alors les 3 cordes D E 3 B & 2 A ſoutiendront enſemble tout le poids W, lequel (joint avec la poulie) peſe 18 livres; en ſorte * que nous pouvons conſidérer chaque corde comme tenduë par ſix livres, & entortillée autour de différens cylindres des diamétres reſpectifs des poulies.

Pour la premiere poulie, nous voyons dans la table pour une corde d'un dixiéme d'un pouce, que lorſqu'elle eſt tendue par un poids de 20 livres; il faut 7, 5 onces pour la plier autour d'un rouleau d'un pouce; nous pouvons donc faire uſage de cette analogie.

Comme 20 livres qui tendent une corde d'un dixiéme d'un pouce en diamétre :

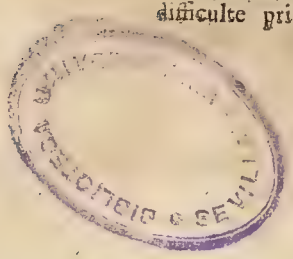
Sont à 7 $\frac{1}{2}$ onces, force requiſe pour l'entortiller ſur un rouleau d'un pouce :

Ainſi 6 livres, lorſque cette quantité ſeule tend la corde :

Sont à 2, 25 onces (c'eſt-à-dire, 2 $\frac{1}{4}$ onces) force capable d'entortiller la même corde, tenduë ſeulement avec 6 livres, autour d'un cylindre d'un pouce de diamétre.

Mais comme la premiere poulie n'eſt pas d'un, mais de deux pouces de diamétre, il faut diminuer la force neceſſaire pour entortiller la corde en raiſon réciproque de ces diamétres, par l'analogie ſuivante qui ſervira auſſi aux deux autres poulies.

* Il eſt vrai que dans le mouvement une corde porte une plus grande partie du poids que l'autre; mais après tout les différentes difficulte priſes enſemble d'entortiller les cordes reviennent au même. En ſorte que c'eſt le moyen le plus aiſé, & par conſéquent le meilleur de les conſidérer.



Comme le diamétre de la poulie, où nous voulons connoître la force d'entortillement :

Eſt au diamétre la poulie où la force eſt connuë : :
Ainſi la force d'entortillement trouvée ci-devant :
Eſt à la force requiſe d'entortillement.

C'eſt-à-dire, comme 2 : 1 : : 2, 25 : 1 125 onces pour la premiere poulie.

Et comme 1, 5 : 1 : : 2, 25 : 1, 5 onces pour la ſeconde poulie ;

Et enfin comme 1, 25 : 1 : : 2, 25 : 1, 8 onces pour la 3e poulie.

Par ces analogies on peut porter la petite Table au-deſſus de toutes les autres proportions, en ſorte qu'on y puiſſe voir d'un coup d'œil la force requiſe pour entortiller les cordes dans la plûpart des cas ; ou qu'on puiſſe conclure de la plûpart des cas de cette Table même.

Mais pour continuer la théorie du frottement de notre machine : ces trois derniers frottemens ou réſiſtances des cordes ajoutées enſemble font 4, 425 onces, leſquelles ajoutées à 21, 41 onces, frottement déja trouvé, donnent en tout 25, 835 onces, frottement plus grand de près de 6 onces que l'expérience ne donne. Mais j'ai démontré dans la Note ſur ma 3e Leçon (page 170) que *lorſqu'un fil ou une corde roule ſur une poulie ſimple ou rouleau par la deſcente du poids prépondérant (l'autre poids s'élevant en même-tems) la preſſion ſur l'aiſſieu de la poulie eſt toujours égale au quadruple du produit des poids multipliés l'un par l'autre & diviſés par la ſomme des mêmes poids.* Cette preſſion étant toujours moindre que la ſomme des deux poids lorſqu'ils ſont inégaux, il faut ôter d'autant plus pour tous les frottemens que cette preſſion eſt plus petite, & l'expérience alors s'approchera extrêmement de la Théorie. Mais pour ne rien omettre dans notre calcul, je vais encore examiner à quoi aboutit cette diminution de preſſion.

La puiſſance (6 livres) jointe avec ce que nous avons trouvé qui doit néceſſairement lui être ajouté eu égard à tous les frottemens & réſiſtances des cordes, doit être regardée comme un poids prépondérant dans le cas de la propoſition citée, c'eſt-à-dire, 6 livres & près de 26 onces, ou 122 onces ; & 6 livres ſans aucune addition doivent être regardées comme enlevées de l'autre côté de la premiere poulie 1, qui eſt une poulie ſupérieure. Multiplions enſemble les deux poids, c'eſt-à-dire,

LEÇON IV. 6 livres ou 96 onces × 122 onces, dont le produit est de 11712 onces, qu'il faut encore multiplier par 4, ou 11712 onces × 4 donne le produit 46848 ; ensuite divisant ce dernier produit par 218 (somme des onces dans les deux poids) ou $\frac{46848}{218}$, le quotient sera 214, 9, qui étant soustrait de 218 somme des poids, donnera 3, 1 onces pour la diminution de pression, ou pour la partie de la pression dont l'aissieu de la poulie 1 est délivré, lorsque le poids prépondérant descend.

Mais comme il y a une autre poulie sur laquelle la corde roule aussi, il faut en ôter encore à cet égard 3, 1 once ; en sorte que si ces deux dernière sommes, ou 6, 2 onces sont ôtées de 25, 835 onces, trouvées par la Théorie égales à tous les frottemens, il restera 19, 635 onces, addition nécessaire pour faire que la puissance emporte le poids avec la moindre augmentation possible, & cette augmentation dans l'expérience est 0, 365 ou un peu plus que le tiers d'un once ; car 20 onces ajoutées à la puissance 6 livres le font agir.

N. B. *On n'a rien ajouté ici rélativement au poids qu'il faut ajouter pour plier les cordes, comme étant une augmentation de frottement, ce qui auroit approché encore plus l'expérience de la Théorie.*

Dans la pratique il n'est pas nécessaire d'avoir égard à ce dernier article ou de faire attention à cette diminution de pression sur-tout dans les poulies a plusieurs yeux, parce qu'il y a ordinairement quelques obstacles de plus que le frottement ordinaire ; par exemple, lorsque les rouës frottent contre les côtés des chapes, ou lorsque leur trou est trop grand, ce qui augmente le frottement autant que si l'aissieu étoit devenu d'autant plus gros.

Voulant éprouver jusqu'à quel point la Théorie du frottement & de l'entortillement des cordes, s'accorde avec les mouffles dont ont se sert communément dans les bâtimens, & par conséquent combien elle peut servir à nous conduire dans la pratique ; j'ai fait les Expériences suivantes.

EXPÉRIENCE I.

J'AI pris une mouffle à cinq poulies de cuivre dans des chapes de fer ; c'eſt-à-dire, trois poulies dans la chape ſupérieure, & deux dans l'inférieure.

Ayant formé l'*équilibre* en ſuſpendant un quintal & un quart à la chape inférieure, & le quart d'un quintal à la corde de retour, j'ai été obligé d'ajouter 17 livres & demi pour faire deſcendre la puiſſance, & élever le poids.

EXPÉRIENCE II.

DEUX quintaux & demi étant balancés par un demi quintal, l'addition de 28 livres a fait monter le poids.

N. B. *Les roues des poulies avoient cinq pouces de diametre, leurs aiſſieux un demi pouce, & la corde trois quarts d'un pouce.*

Dans la premiere Expérience 17 livres & demi ſurpaſſoient de $4\frac{1}{2}$ livres la ſomme des frottements & des réſiſtances, tirée de la théorie. Mais dans la ſeconde Expérience 28 livres ne ſurpaſſent la ſomme des frottements, &c. que de 2 livres. Il me paroît que la raiſon de cette différence eſt, que la corde au commencement étoit trop groſſe pour les chapes qui contiennent les roues ; mais dans la ſeconde Expérience, où la corde étoit plus tenduë, ſon diametre s'étoit un peu diminué, & ainſi elle ne frottoit pas tant contre les chapes.

La connoiſſance de la quantité de frottement dans ces grandes mouffles, nous apprend à quoi nous devons nous attendre dans la pratique. Car ſi un homme qui pendant un petit eſpace de tems peut faire un effort de 100 livres, s'imagine qu'il pourra élever une pierre, ou un rouleau de feuilles de plomb, ou tout autre poids au haut d'une maiſon, avec une mouffle à cinq yeux, (parce que la choſe paroît faiſable par les principes méchaniques) il ſera bien trompé par rapport au frottement, qu'il ne pourra pas ſurmonter ſans une force additionnelle de 50 livres.

J'eſpere que ce détail que j'ai donné du frottement & des obſtacles au mouvement dans les inſtruments méchaniques, (quelque imparfait qu'il ſoit) ſera d'un grand uſage pour diriger ceux qui ſe mêlent des machines & des Manufactures. Et pour leur donner tout le ſecours dont je ſuis capable en cette matiére, je joindrai ici quelques reflexions ſur la force

LEÇON IV. *comparative des hommes & des chevaux, & sur la meilleure maniére d'appliquer leurs forces. C'est le résultat des observations que j'ai faites pendant plusieurs années, & de tout ce que j'ai trouvé dans les Auteurs qui ont traité cette matiére.*

Un cheval tire avec le plus grand avantage, comme nous l'avons déja fait voir d'après M. Camus, lorsque la ligne de direction (étant paralléle au plan sur lequel le poids se meut) est à niveau de la poitrine du cheval, & il est capable dans cette situation de tirer 200 livres pendant huit heures chaque jour, & de parcourir environ deux milles & demi par heure; ce qui fait à peu-près trois pieds & demi par seconde. Si l'on fait tirer à ce cheval 240 livres, il ne peut travailler que six heures par jour, & il ne peut pas aller aussi vîte; dans les deux cas, s'il porte quelque poids, il tirera mieux que s'il n'en porte point. Je ne prétends pas parler de ce qu'un cheval peut tirer sur une voiture; parce qu'en ce cas il n'a que le frottement à surmonter, ensorte qu'un cheval moyen bien appliqué à une charrétte, pourra souvent tirer plus de 1000 livres; mais ce qu'un cheval peut tirer en haut du fond d'un puits sur une poulie simple ou sur un rouleau (fait de maniére que le frottement soit le moindre qu'il est possible) est proprement le poids qu'un cheval peut tirer; & les chevaux, l'un dans l'autre tirent dans ce cas, comme je l'ai dit, environ 200 livres. On doit estimer de même le travail des chevaux dans toutes sortes de moulins & de machines hydrauliques, où l'on doit connoître aussi exactement qu'il est possible, combien on peut faire tirer à chaque cheval, pour pouvoir juger de l'effet qui en résultera, ayant égard à tous les frottements & obstacles, avant que de faire construire aucun moulin ou machine.

Lorsqu'un cheval tire dans un moulin, dans une machine hydraulique, ou dans toute autre machine, (dans laquelle on se sert du cheval pour tirer circulairement un cabestan ou un *treüil*) il faut avoir grand soin que le trottoir du cheval soit assez large en diametre; autrement il ne pourra pas agir avec toute sa force en tournant; car dans un petit cercle ou trottoir, la tangente (dans laquelle le cheval doit tirer) s'écarte plus du cercle où le cheval est obligé de marcher, qu'elle ne fait dans un grand cercle. Le trotoir du cheval ne doit pas avoir moins de 40 pieds de diametre, lorsqu'il y a assez de place pour cela; & le même cheval perd considérablement de sa force dans un petit trotoir, parce qu'il tire dans une corde du cercle, tirant la poutre horizontale der-

tiére lui à angles aigus, tellement que dans un trotoir de 19 pieds de diametre, j'ai vû un cheval qui perdoit deux cinquiémes de la force qu'il avoit dans un trottoir de 40 pieds de diametre. La plûpart des Meuniers à Londres, & je crois dans la plûpart des grandes Villes) n'aiment pas à faire de grands trottoirs pour leurs chevaux, même lorſqu'ils ont aſſez de place, parce que, comme ordinairement ils manquent de place dans les endroits où ils ſont obligés de conſtruire leurs machines, ils ſe ſont accoutumés à faire leurs modéles pour de petits trottoirs, & ils s'imaginent qu'il ſuffit de donner la même vîteſſe proportionnelle à la puiſſance & au poids, que l'on donne dans les plus grands trotoirs (parce que ſi la roue en couteau eſt d'un diametre ſi petit, que le cheval tire près du centre, la difficulté de tirer, ſi ce n'étoit pour l'entortillement du cheval, ſeroit toujours la même) ne faiſant pas refléxion à l'effort que l'on fait faire au cheval; ou lorſqu'ils ont trouvé par expérience combien un cheval peut tirer aiſément, & quels ſont les deſavantages qui réſultent d'un tournoyement ſubit, ils ne veulent pas profiter de l'avantage que leur donneroit un plus grand eſpace, en éloignant cette difficulté; parce qu'ils ne veulent pas s'écarter de la méthode où ils ont été accoutumés. Mais les Meuniers, qui ont travaillé aux mines de charbon & de pierre, ſont plus intelligents en cette matiére, parce qu'ils ont été accoutumés à de grands trotoirs pour les chevaux dans les mines, &c.

J'ai trouvé ſouvent que cinq hommes ſont égaux en force à un cheval *, & peuvent avec la même facilité pouſſer en rond le levier horizontal dans un trotoir de 40 pieds; mais trois des mêmes hommes pouſſeront circulairement un levier dans un trotoir de 19 pieds, qui ne pourra pas être tiré par un cheval (d'ailleurs égal à cinq hommes.) * Note 6.

La plus mauvaiſe maniére d'appliquer la force d'un cheval, eſt de le faire porter ou tirer au haut d'une colline; car ſi la colline eſt eſcarpée, trois hommes feront plus qu'un cheval. Chaque homme grimpe en haut plus vîte, étant chargé de 100 livres, qu'un cheval chargé de 300 livres. Cela vient de la poſition des parties du corps de l'homme, qui ſont mieux ſituées pour grimper, que celles du cheval.

Il ſuit de cette obſervation, que ceux qui ont cru tirer un grand avantage du poids d'un cheval, en l'appliquant à une machine, n'ont pas trouvé dans l'exécution ce que le calcul du poids de

LEÇON IV.

cet animal leur avoit promis, parce qu'à chaque pas le cheval grimpe réellement une élevation, lorſqu'on fait uſage de ſon poids; & par conſéquent il va plus lentement.

Comme un cheval par la ſtructure de ſon corps agit avec le plus de force lorſqu'il tire horizontalement en ligne droite, un homme agit avec le moins de force de cette maniére; par exemple, ſi un homme qui peſe 140 livres marche le long d'une riviere ou d'un canal, & tire un batteau ou une barque par le moyen d'une corde qui paſſe ſur ſes épaules, ou qui eſt attachée en quelque endroit que ce ſoit de ſon corps, il ne peut tirer plus de 27 livres, ou ſeulement environ la ſeptiéme partie de ce qu'un cheval peut tirer en ce cas: car toute la force avec laquelle un homme agit dans ce mouvement, dépend entierement de ſon poids, & ce n'eſt pas tout ſon poids qui agit, mais ſeulement $\frac{8}{9}$ de poids, & encore trop obliquement, le pouſſant en avant lorſqu'il ſe baiſſe, & c'eſt ce qui produit toute la force par laquelle l'homme tire la barque, comme il l'a été démontré par M. de *la Hire* dans un *Mémoire* qu'il a préſenté à l'*Académie Royale des Sciences* à *Paris*, en 1699, que l'on trouvera dans les Notes. *

* Note 8.

Les autres raiſonnements qu'il fait ſur l'application de la force d'un homme, ſont juſtes; mais ſes hypothéſes n'étant pas vrayes, quelques-unes de ſes concluſions, quoique bien déduites des mêmes hypothéſes, ne ſont pas vrayes en elles-mêmes. Ainſi j'ai donné dans la même Note des remarques ſur ce qu'il dit.

En tirant une barque de la maniére qu'on l'a dit ci-devant, un homme peſant (pourvû qu'il n'ait pas de la difficulté à ſe mouvoir) aura plus de force qu'un autre, à moins que celui-ci ne porte un poids proportionnellement; & plus ce poids ſera élevé, plus il aura de force.

Lorſqu'un homme fait tourner un rouleau horizontal, ou un vindas avec une manivelle, ou autre manivelle, il n'a pas plus de 30 livres peſant qui agiſſent contre lui, s'il travaille dix heures par jour, & s'il éleve le poids à environ 3 pieds & demi dans une ſeconde, ce qui eſt la vîteſſe ordinaire avec laquelle un cheval tire un poids: je dis 30 livres, en ſuppoſant le diametre du vindas égal à la diſtance du centre au coude de la manivelle, car s'il y a, comme à l'ordinaire, quelque avantage méchanique, enſorte que le diametre de l'arbre ſur lequel la corde eſt entortillée, ſoit quatre ou cinq fois moindre que le diametre du cercle que la main décrit, alors le poids ſera (en y comprenant la réſiſtance

d'il

qui vient du frottement & de la roideur de la corde) quatre ou cinq fois plus grande que 30 livres, c'eſt-à-dire, autant que le poids ſe meut plus lentement que la main.

Dans cette opération l'effet de la force d'un homme varie dans chaque partie du cercle que la manivelle décrit. La plus grande force eſt lorſqu'un homme tire la manivelle en haut d'environ la hauteur de ſes genoux, & la moindre force eſt lorſque (la manivelle étant au plus haut) un homme la pouſſe horizontalement contre lui; enſuite l'effet devient plus grand à meſure que l'homme agit par tout ſon poids pour pouſſer en bas la manivelle; mais cette action ne peut pas être auſſi grande, que lorſqu'un homme tire en haut, parce qu'il ne peut pas y appliquer au-delà du poids de ſon corps, au lieu qu'en tirant en bas, il agit avec toute ſa force. Enfin l'homme n'a que très-peu de force lorſqu'il tire vers lui horizontalement la manivelle arrivée au point le plus bas. Suppoſons avec M. *de la Hire*, qu'un homme d'une force médiocre peſe 140 livres, il peut dans les quatre parties principales de la circonférence de ſon mouvement en pouſſant & tirant, agir avec les forces ſuivantes; ſçavoir dans le point le plus fort une force égale à 160 livres; dans le plus foible, une force de 27 livres; dans le point ſuivant aſſez fort, 130 livres; & dans le dernier ou ſecond point moins foible, 30 livres. Ajoutons toutes ces forces enſemble, qui feront 347 livres, & diviſons par 4, nous aurons 86 livres $\frac{3}{4}$; ce qui donne le poids qu'un homme peut élever par une manivelle, s'il peut agir continuellement avec toute ſa force ſans s'arrêter, pour prendre ſa reſpiration; mais comme cela n'eſt pas poſſible, le poids doit retomber & ſurmonter au premier point foible, ſurtout lorſque la manivelle ſe meut lentement, comme il doit arriver ſi l'homme veut agir tout autour avec toute ſa force. Outre cela, pour élever un tel poids, on doit ſuppoſer que l'homme agit toujours le long de la tangente du cercle du mouvement, ce qui n'arrive pas dans la pratique. De plus il faut qu'il y ait une vîteſſe ſuffiſante * pour que la force appliquée aux points les plus forts ne ſe perde pas avant que la main arrive aux points les plus foibles, enſorte qu'il eſt difficile à un homme de continuer ce mouvement irrégulier; & par conſéquent lorſqu'il n'y a point d'autres avantages, la réſiſtance ne doit être que de 30 livres : & même on ne pourra pas la ſoutenir au point le plus foible, à moins qu'il ne reſte quelque force du point le plus fort.

* Note 7.

LEÇON IV. Si deux hommes travaillent à l'extrémité d'un rouleau ou d'un vindas, pour tirer d'une mine des charbons ou des pierres, ou pour tirer l'eau d'un puits, il leur eſt plus aiſé de tirer en haut 70 livres, (en ſuppoſant toujours que le poids & la puiſſance ont des vîteſſes égales) qu'à un homme d'en tirer 30 livres, pourvû que le coude de l'un des manches ſoit à angles droits avec l'autre. Car alors un homme agira au point le plus fort, tandis que l'autre agira au point foible de ſa révolution; & par ce moyen les deux hommes ſe ſoulageront mutuellement & ſucceſſivement. La maniere ordinaire eſt de placer les manches à l'oppoſite l'un de l'autre, ce qui ne peut pas donner l'avantage dont je viens de parler; quoiqu'on gagne même dans cette poſition un peu de force, parce qu'un homme tirant pendant que l'autre pouſſe, travaille au plus fort des deux points foibles, pendant que l'autre travaille au plus foible, ce qui l'aide un peu.

Il eſt vrai qu'il y a un moyen de faire enſorte qu'un homme travaille un tiers de plus avec un vindas, lorſque le mouvement eſt fort rapide, comme d'environ 4 ou 5 pieds par ſeconde, * & c'eſt par l'application d'un *volan*, qui eſt une croix portant des poids de plomb à ſes extrémités, ou plûtôt (ce qui vaut beaucoup mieux) par le moyen d'une roue peſante à angles droits ſur l'aiſſieu du vindas ou du rouleau. Par ce moyen la force de la puiſſance que l'homme auroit perdue, ſe conſerve dans le volan, & ſe diſtribue également dans toutes les parties de la révolution, enſorte que pendant quelque tems un homme peut agir avec la force de 80 livres, c'eſt-à-dire, ſurmonter une réſiſtance continuelle de 80 livres, & travailler tout un jour, lorſque la réſiſtance n'eſt que de 40 livres. *.

* Note 9.

* Le volan peut s'appliquer à différentes ſortes de machines, ſoit qu'elles ſoient mûes par des hommes, des chevaux, le vent ou l'eau, ou par toute autre puiſſance animée ou inanimée; & il eſt d'un grand uſage dans les parties d'une machine qui ont un mouvement circulaire très-prompt, & où la puiſſance ou réſiſtance agit inégalement dans les différentes parties d'une révolution. Cela a fait croire à certaines gens, que le volan donne une nouvelle force, en ſuppoſant qu'un volan joint à une machine qui doit ſe mouvoir en rond, aide la machine à faire ce mouvement. Mais quoiqu'il ſoit vrai de dire que le volan facilite le mouvement, en ce qu'il le rend plus uniforme & plus égal, cependant il ne laiſſe pas de produire une perte de force, bien loin de l'augmenter. Car premiérement il faut que la puiſſance fourniſſe ſans ceſſe la force néceſſaire pour mettre le volan en mouvement juſqu'à un certain dégré de vîteſſe, & qu'elle lui conſerve cette vîteſſe; car le volan n'a par lui-même aucun mouvement; mais il reçoit tout celui qu'il a de la force qui lui eſt imprimée. 2°. Le frottement des pivots ou des tourillons de l'aiſſieu qui s'uſent, empêchent toujours, & font perdre une partie du mouvement imprimé. Et 3°. L'air que les poids aux extrémités du volan déplacent, en retardent auſſi le mouvement, (quoique moins lorſque le volan eſt circulaire) & ces deux obſtacles joints

Lorſqu'un homme porte un poids ou un fardeau ſur ſes épaules, il agit avec une grande force, pluſieurs muſcles étant employés tout-à-la-fois à cette opération ; les muſcles du cou, du dos & des reins, tiennent ſon corps & ſa tête dans la ſituation convenable pour ſoutenir le poids ; ceux de ſes épaules & de ſes bras aident à le tenir dans ſa place, & les muſcles des jambes & des cuiſſes élevent le poids de tout le corps & de la charge que l'on porte pendant qu'il marche. Dans cette maniere de travailler, trois hommes font plus qu'un cheval, & ſouvent deux font autant, & même plus, comme on peut l'obſerver dans le travail journalier des Portefaix de *Londres*. * Un Portefaix peut porter 200 liv. & marcher à raiſon de trois milles par heure ; un Porte-Charbon ou Portefaix qui porte du charbon de pierre, en peut porter 250 livres ; mais alors il ne peut pas aller fort loin pour décharger ſon fardeau, quoique d'un autre côté il monte ſouvent les dégrés avec ce poids. Les Porteurs de Chaiſe ne font pas agir tous les mêmes muſcles que les Portefaix ; mais comme ils ont des bricoles ſuſpenduës à leurs épaules pour ſoutenir les bras de la chaiſe, les muſcles des reins & du dos ſont en action, auſſi-bien que les extenſeurs des jambes & des cuiſſes ; deux de ces hommes peuvent marcher fort vîte avec 300 livres (c'eſt-à-dire, 150 livres chacun) au moins à raiſon de quatre milles par heure ; au lieu qu'un cheval, qui fait environ deux milles par heure, ne porte que 224 livres, ou quelquefois, lorſque les chemins ſont fort bons, & les chevaux vigoureux, 270 livres. *

LECON IV.

* Note 10.

* Note 11.

M. *Richard Newſham*, Machiniſte de *Cloth-Fair* auprès de

enſemble, ſi le volan ne recevoit continuellement une nouvelle force, ſuffiroient pour l'arrêter & le mettre en repos.

De ſorte que le volan ne ſçauroit par lui-même donner une nouvelle force au mouvement de la machine où il eſt appliqué, au-deſſus de celle qu'elle reçoit du premier mobile qui lui imprime le mouvement ; il lui fait même perdre une partie du premier mouvement.

Mais la raiſon pourquoi il devient commode & utile dans pluſieurs machines, (comme nous l'avons fait voir dans le vindas ou treuil horizontal) eſt celle-ci. Lorſque les forces produites par la machine ſont interrompues ou inégales, & qu'ainſi le mouvement eſt plus difficile dans une partie de la révolution que dans une autre, ou lorſque la force d'un homme ou d'une autre puiſſance, ne peut pas être appliquée à une partie de la révolution auſſi-bien qu'à une autre : dans tous ces cas le volan devient comme un modérateur, & il rend le mouvement de révolution preſque partout égal, quoique les réſiſtances ſoient inégales ; il accumule dans lui-même un grand dégré de force qu'il fait agir également & par dégrés, & qu'il reçoit auſſi également & par dégrés ; ainſi rendant la révolution dans toutes les parties à fort peu-près uniforme, elle devient plus agréable, plus aiſée & plus commode pour être mûe par la force imprimée, ce qui eſt tout l'avantage que nous procure cet inſtrument méchanique appliqué de cette maniere. Mais je parlerai encore du volan & de quelques-uns de ſes autres uſages dans un autre endroit.

LEÇON IV.

Smithfield, a inventé des machines pour éteindre les incendies, qui ſont telles qu'une partie des hommes qui y ſont employés, agiſſent en marchant, ce qui eſt plus efficace que toutes les autres manieres d'employer les hommes à de pareilles machines, tout le poids du corps étant ſucceſſivement appliqué aux piſtons des pompes; on peut même ajouter au poids une partie de la force d'un homme, par le moyen des pieces horizontales, où il peut appuyer ſes mains lorſqu'il marche : au lieu qu'en appliquant les mains pour mouvoir des leviers, ou pour faire tourner des manivelles, la puiſſance doit agir fort inégalement. C'eſt la raiſon pour laquelle avec le même nombre d'hommes il pouſſe ordinairement l'eau plus loin, plus haut & en plus grande quantité, avec des machines de la même forme, que ne font les autres, qui ont éprouvé leurs machines pour les comparer aux ſiennes.

N. B. *Ses machines ont pluſieurs avantages qui leur ſont particuliers, & qui les rendent préférables à toutes les autres que j'aye jamais vû pour éteindre les incendies; mais j'en donnerai la deſcription dans une autre partie de mon Livre.*

La derniere maniere, & la plus efficace de l'action d'un homme, eſt celle de *voguer;* par où un homme agit avec plus de muſcles tout-à-la-fois pour ſurmonter la réſiſtance, que dans toute autre poſition; & comme il tire en arriére, le poids de ſon corps l'aide par le moyen du levier.

COROLLAIRE.

Si l'on fait refléxion aux différentes eſpeces d'actions d'un homme dans le travail, comparées avec la derniere, on verra combien ſe trompent ceux qui prétendent faire voguer une galere, un bateau ou une barque, avec des rames verticales fixées à un aiſſieu horizontal comme une roue de moulin, les hommes faiſant agir cette machine par leur *poids* au *cabeſtan*, ou tournant des manivelles en-dedans du bâtiment. Car c'eſt là toujours tirer les hommes du travail le plus aiſé & le plus efficace, pour les jetter dans un travail plus difficile & moins avantageux; comme l'ont trouvé un grand nombre de Machiniſtes qui ont voulu l'éprouver; & comme le trouveront tous ceux qui l'éprouveront dans la ſuite, de quelque façon que leur machine ſoit faite, à moins que les hommes n'y travaillent dans la ſituation de ceux qui voguent.

Les muſcles des jambes & des cuiſſes peuvent agir avec une

force prodigieuſe, pour élever un poids immenſe à une petite hauteur ; mais comme certe opération ne peut pas ſe continuer, & ſe faire par un travail journalier, je renvois le Lecteur curieux aux Notes, * où cet article eſt expliqué plus au long ; je ne parle pas ici non plus de creuſer, de frapper à coups de marteau, de fendre le bois, ou des autres opérations pénibles du travail des mains, parce que pluſieurs hommes ſont beaucoup plus adroits que les autres ; & le même homme par un long uſage devient ſi parfait dans une façon de travailler, que par l'adreſſe qu'il a acquiſe il peut faire le double de ce que feroit une perſonne ſans expérience, & même ſans y employer la moitié de la force que celle-ci employe. Mais c'eſt-là proprement une *adreſſe*, & non un *travail*, qui eſt la choſe uniquement que je prétendois examiner ici.

* Note 7.

ADDITION
A LA LEÇON QUATRIÉME.

Lettre de M. Beighton *au Docteur* Desaguliers.

» CHER AMI,

LEÇON IV. » La lecture de votre Traité m'a fait beaucoup de plaisir. Je ne » m'attendois pas à y trouver tant de choses nouvelles, après un si » grand nombre d'Auteurs qui ont écrit sur ce sujet. J'ai présenté » à la Societé Royale les Observations ci-jointes, sur une partie » de ce Traité, & j'ai pris cette liberté, n'ignorant pas que votre » amour pour la vérité vous fait agréer toutes les corrections que » l'on peut faire à ce que vous avez publié. S'il y a ici quelque » chose qui mérite attention, je vous prie de le communiquer au » Public : C'est dans cette vûe que j'ai l'honneur de vous présenter » ces Observations. Je suis

» Monsieur,

A Griff, 28 *Février* 1738. » Votre très-humble serviteur,
HENRI BEIGHTON.

EN lisant le Cours de Physique du Docteur *Desaguliers* in-4°. 1734, j'ai examiné dans sa 4e. Leçon sur le frottement des machines, ce qu'il rapporte de M. *de Camus* sur les rouës des voitures.

» Que les aissieux doivent être droits de toutes façons ; car si » les rouës sont plus étroites vers le terrein & en-devant, que par » le haut & en arriére, (ce qui est la pratique ordinaire & journa- » liere de tout le monde) elles ne peuvent se mouvoir que très- » difficilement.

Mais quoique ce raisonnement soit mathématiquement vrai, il y a pourtant des circonstances que ces Messieurs n'ont pas observées aussi exactement que ceux qui construisent ces machines, ou qui s'en servent ; car il y a des inconvéniens considérables dans la pratique, où l'on tomberoit si l'on vouloit garder ces régles

exactement. On doit bien peſer & conſidérer la force, la convenance, l'uſage & la facilité. LEÇON IV.

1. SI les rouës devoient ſe mouvoir en avant en lignes droites, il faut avouër que les objections que l'on peut faire contre ces régles, ſeroient en partie aſſez foibles ; mais commes les chemins ſont rarement en lignes droites, (qui ſont les lignes que les rouës en mouvement traceroient toujours ſur un plan horizontal, ſi elles n'en étoient détournées par aucun obſtacle) lorſque votre voiture doit tourner à main droite, le côté gauche doit preſſer vers l'extrémité de l'aiſſieu, & porter fortement ſur le clou qui s'y trouve, pendant que la rouë droite eſt pouſſée en haut vers l'épaulement : car alors l'aiſſieu ſe trouvant dans une poſition diagonale, entre les lignes droites paralléles décrites auparavant par les rouës, ces rouës doivent être forcées à une plus grande diſtance l'une de l'autre, ſelon que la diagonale eſt plus longue que la perpendiculaire. Et comme dans ce mouvement vers la droite, on peut regarder la rouë à main droite comme un centre, (ſi le tour n'eſt pas long) la rouë gauche décrira une circonférence, & dans cette direction elle fera effort pour s'échaper ou ſe mouvoir par la tangente. Mais ſi les rouës (ſelon la pratique ordinaire) ſont un peu plus étroites par-devant que par-derriére, leur direction naturelle & inclinaiſon les portera à décrire une partie de cette circonférence.

2. MAIS une objection plus importante contre cette régle, eſt que comme les parties intérieures des moyeux dans les grandes voitures (& dans les caroſſes à proportion) ont $5\frac{1}{4}$ pouces de diamétre, & que les parties intérieures n'en ont que $3\frac{3}{4}$, les trous où ils ſe meuvent étant des cones tronqués, les rouës mêmes dans un terrein uni feront toujours effort pour s'écarter, & toutes les fois qu'elles tourneront, elles s'efforceront de ſuivre la tangente.

3. SI les aiſſieux étoient dans une direction en ligne droite, comme dans la *Figure* 1. les rouës preſſées par la partie inférieure de l'aiſſieu s'échaperoient continuellement, & agiroient fortement contre les clous en *b*, avec autant de frottement que ſi elles agiſſoient contre des plans inclinés, par la même raiſon que le double cone paroît marcher de travers.

LEÇON IV.

4. ON doit considérer que les charriots ou voitures coupent toutes leurs ornières presque perpendiculairement ; & si les aissieux étoient droits, le mouvement des rouës leur seroit presque perpendiculaire.

Planche 17. Figures 3, 4 & 12.

Toutes les rouës sont plus fortes lorsqu'elles sont concaves, c'est-à-dire, lorsque les parties des rais en *c* auprès du moyeu d'une rouë, sont plus proches de celles de l'autre, que les jantes : ces rais doivent frotter continuellement à mesure qu'ils entrent plus avant dans le terrein, & ils doivent couper obliquement les ornières, comme dans la *Figure* 3. Mais dans la position de la *Figure* 4. ils y entreroient & en sortiroient sans tomber dans les quatre inconvénients suivants de la Figure précédente.

I. LES rais s'usent beaucoup, & les pierres à côté des ornières sont forcées dans un espace plus étroit, & brisent souvent les rais.

II. LA bouë molle, ou celle qui est roide, ou la terre glaise, s'insinuent dans les rais, & les pressent comme des coins dans les endroits plus étroits ; elles y restent suspendues de maniere à former comme une espéce de meule de moulin, au grand détriment des chevaux qui tirent ce nouveau poids outre le frottement.

III. LORSQUE les rouës sont forcées à entrer & à sortir selon la plus grande étenduë de l'aissieu, il faut une double force pour tirer la machine en avant.

IV. ET dans cette derniere situation, lorsqu'il est impossible aux rouës de se séparer & de s'élargir, la voiture ne peut tourner ni à droite ni à gauche.

5. SI l'on fait attention aux obstacles que les rouës trouvent continuellement, on trouvera qu'elles doivent avoir quelque jeu, & que l'aissieu doit glisser en-dedans & en-dehors des rouës, voyez *Figure* 12. Autrement elles seroient dans un danger continuel de se rompre. Et comme on ne peut pas avoir cette facilité de glisser, à moins que la partie inférieure & antérieure des cones tronqués, ne soient toutes deux dans des lignes droites continues, puisqu'un coin ou double cone ne sçauroit glisser par les côtés sans une grande force, au lieu que deux plans le peuvent aisément :

aiſément ; il s'enſuit que les aiſſieux ne doivent pas être droits, comme M. *de Camus* l'a avancé. LEÇON V.

La plus grande marque qu'une voiture va bien & marche aiſément, eſt lorſque les aiſſieux gliſſent continuellement en avant & en arriére dans les moyeux : car il n'y a que les oreilles d'un homme qui lui apprennent ſi un charriot ou un caroſſe vont bien & aiſément, lorſqu'il les entend fraper alternativement contre les bras & les clous. Lorſque cela arrive, le trait eſt moindre d'un cinquiéme.

☞ Deux forces agiſſent ſur les aiſſieux & les rouës, le poids de la charge qui eſt preſque perpendiculaire, & la traction qui eſt preſque horizontale. Ainſi la plus grande force eſt dans la diagonale entre ces deux-là ; mais elle approche plus de celle des deux c[illegible] eſt la plus grande. Et c'eſt dans cette partie ou ſurface des bras de l'aiſſieu, que les deux cones tronqués doivent être en ligne droite continuë.

N. B. *Si M.* de Camus *entendoit parler des aiſſieux & rouës de caroſſes, lorſque ces aiſſieux ſont des cylindres de fer, la plûpart des objections que nous avons propoſées ci-devant, ſeroient encore très-fortes contre ſa régle, & en prouveroient la fauſſeté dans ce cas.*

Du trait des chevaux, & de la ligne de traction.

PROPOSITION XXX. En parlant du trait, M. *de Camus* dit, « que la ligne de traction doit être à la hauteur du poitrail des » chevaux, parce que ceux qui tirent en haut tirent plus vîte, & » deviennent roides dans le jaret.

Je vois que c'eſt ici une mépriſe ; car tant l'expérience que la raiſon, nous démontrent le contraire. En effet,

1. LES chevaux n'ont point ou preſque point d'autre force pour tirer, que celle qui vient de leur poids, ſans lequel ils ne pourroient pas ſe tenir contre la terre ; ils gliſſeroient, & ne tireroient rien.

2. L'EXPE'RIENCE ordinaire nous apprend que ſi un cheval doit traîner un certain poids, il faut (pour le mieux tirer) qu'il ait un poids proportionnel ſur ſes épaules. Un cheval que l'on applique à une charréte à deux rouës, où il y a le poids d'un tonneau, ne peut pas la tirer, s'il eſt en équilibre ; mais ſi on lui met ſur le dos

LEÇON IV.

50 ou 60 livres, il la tire aiſément. Si le poids eſt de deux ou trois tonneaux, & ſi le cheval porte ſur ſon dos 100 ou 200 livres, il eſt en état de tirer le poids, parce que les roues des charrétes ſont fort hautes. Le dos des chevaux doit être chargé à proportion.

3. Il paroît que cet Auteur ne ſçait pas, que lorſqu'un cheval tire avec force, il ſe bande en avant, qu'il approche ſon poitrail de la terre; & qu'alors ſi les roues ſont hautes, il tire la voiture contre le terrein.

4. Un cheval attaché à un charriot, peut tirer deux ou trois tonneaux, parce que le point ou ligne de traction eſt au-deſſous de ſon poitrail, les roues étant baſſes.

5. On voit ordinairement que lorſqu'un cheval tire une charge peſante, ſes pieds de devant s'élevent de deſſus le terrein, & qu'il ſe tient preſque droit; alors on met un poids ſur ſon dos pour tenir bas le devant du cheval, on le monte, & il devient par-là capable de tirer ce poids, ſans quoi il ne pouvoit pas le remuer auparavant.

6. Le cas eſt preſque le même, lorſqu'on applique la force d'un homme à porter un poids dans une brouette; lorſque la plus grande partie du poids s'appuye ſur la roue, il gliſſe, & l'homme n'eſt pas en état de le faire avancer; mais alors en approchant le poids de ſes bras, il peut le tirer en avant. Lorſqu'il tire un rouleau de jardin fort peſant, ſi l'axe du mouvement eſt à niveau de la partie de ſon corps où ſes bras ſont étendus, il ne peut pas en venir à bout; mais lorſque le point de traction eſt bas, il le tire.

Dans une charréte chargée, qui eſt preſque en équilibre, ſi deux hommes veulent la prendre par la fléche ou par les traits, ils ne peuvent pas la mouvoir; mais ſi l'un ſe met dans les traits, & l'autre derriere la charréte, pouſſant ſon derriere en haut autant qu'en avant, il jette le poids ſur le dos du premier homme; & preſſant ainſi la terre avec leurs pieds, ils la meuvent aiſément.

La méthode ordinaire du lévier, ſoit pour faire gliſſer ou pour rouler une piéce de bois ou une pierre, eſt de l'élever d'abord, & enſuite de la pouſſer en avant.

Dans un grand attelage, où il n'y a que le cheval de derriére

qui porte ſur ſon dos, ſi l'on en ôte la moitié, & qu'on les arrête à un point de traction plus bas, ils ſeront en état de faire une force beaucoup plus grande. LEÇON V.

Démonſtration de la poſition des Traits.

LE point eſſentiel du tirage, eſt de ſurmonter les obſtacles; car ſur un plan à niveau, le tirage eſt fort aiſé, & il ne faut qu'un petit poids ſur le dos du cheval dans ce cas.

On doit regarder la plûpart de ces obſtacles, ou même tous, comme des plans inclinés.

Pour tirer la roue A B, ſur l'obſtacle D, M. *de Camus* voudroit que le cheval tirât dans la direction H C. Planche 38. Figure 15.

Je dis que comme l'obſtacle eſt D, & que la tangente de la terre ou ligne du pavé eſt B, la ligne du mouvement doit être B D, ſur un plan incliné; alors la poſition du trait la plus aiſée, pour faire paſſer la roue ſur D, eſt de la tirer dans la direction de ce plan incliné B T, ou plûtôt dans la ligne C *b*, qui lui eſt paralléle.

Tous les rayons d'une roue étant égaux, l'action de tirer au centre eſt la même que celle d'une balance en équilibre; c'eſt-à-dire, que la force en A eſt la même que celle en B. Mais dans le cas du tirage dans la ligne horizontale H C, où il y a un obſtacle en D, toute la force que le cheval a pour tirer, eſt appliquée à l'extrémité du petit bras = *e* D, contre la force ou le poids appliqué à l'extrémité du bras le plus long *f* D = C, ce qui ſeroit fort deſavantageux: par conſéquent la ligne de traction doit être *b* C, tout au contraire de ce que M. de Camus a ſouvent avancé dans ſon Livre; auquel cas la force eſt appliquée à un levier D *a* beaucoup plus long que D *e*.

Il dit enſuite que les chevaux ne peuvent traîner que 200 livres.

En *Warwickshire*, & en d'autres endroits, un cheval ordinaire traîne 650 livres, & quelques-uns ont porté 700 livres. 2. *q* à 7 ou 8 milles de diſtance ſans s'arrêter.

Le cheval de M. *Foley* à *Stourbridge*, traîne un poids de fer de 11 quintaux à 8 milles.

NOTES SUR LA QUATRIÉME LEÇON.

1. [— *Le frottement eſt égal environ à un tiers du poids, &c.*]

NOTES ſur IV. Leçon.

IL y a quelques cas où le frottement ne va pas au tiers du poids du corps qui frotte ; mais comme il y va dans la plûpart des cas, je choiſis cette proportion pour établir le calcul du frottement d'une machine compoſée de pluſieurs parties avant que de la conſtruire, ſur-tout à l'égard des Manufactures, parce que les parties des machines venant à s'uſer, changent dans la ſuite leur figure & augmentent le frottement. Et il vaut mieux trouver dans la pratique le frottement moindre que dans la théorie, quoique cela arrive rarement, lorqu'on le calcule ſur le tiers du poids.

2. [— *Il faudroit un tiers de la peſanteur des traîneaux, &c.*] DANS la Table des frottemens des traîneaux (que nous avons rapotée ci-deſſus) tirée des Expériences que M. *de Camus* a faites ſur de petits modéles, il y a plus de cas où le frottement eſt moindre, que de ceux où il eſt plus grand qu'un tiers du poids ; mais il faut remarquer que dans toutes ces expériences, le traîneau eſt en mouvement ; & comme je l'ai dit dans ma derniere note, j'aime mieux m'en tenir à la proportion d'un tiers eu égard aux accidens, en commençant à tirer depuis le repos, & rencontrant des obſtacles & inégalités dans les ruës, &c.

3. [— *On ne peut pas eſperer qu'une voiture chargée d'un poids, puiſſe avoir auſſi peu de frottement, &c. . . . Quant à la maniére de remedier au frottement, &c.*] Si les aiſſieux dans quelques voitures étant de fer, & dans d'autres ſeulement couverts de fer, rouloient dans des anneaux de cuivre fixés aux moyeux des rouës, ils rouleroient ſi aiſément, & dureroient ſi long-tems ſans danger de brûler les rouës, qu'on ſeroit bien dédommagé de l'excès de la dépenſe. Les perſonnes curieuſes, & qui ne craignent pas la dépenſe en certaines matiéres, comme dans les chaiſes & dans certains charriots, verront qu'un aiſſieu de fer ayant moins de diamétre, doit avoir moins de frottement à proportion que le diamétre eſt plus petit, & qu'il doit durer fort long-tems, s'il tourne dans des anneaux de fonte. Mais le tourillon dans l'anneau doit être d'une longueur ſuffiſante ; ce qui n'augmente pas le frottement, comme on l'a déja prouvé, & on va le démontrer plus clairement par des expériences faites ſur une machine que je vais décrire dans cette note. Si les tourillons n'avoient que deux ou trois pouces de lougueur, comme quelques-uns les ont fait, s'imaginant par-là diminuer le frottement, ils ne s'uſeroient que deux ou trois fois plus vîte que s'ils avoient eu quatre ou ſix pouces de longueur. On peut diminuer dans toutes les proportions le frottement des tourillons d'une rouë d'une machine dont l'aiſſieu tourne avec elle, & lui eſt attaché. Par exemple, ſous le tourillon

de fer G*g* (*Planche* 18. *Figure* 6.) que nous ſuppoſerons ici d'un pouce de diamétre, ſoient deux rouleaux de cuivre A B de huit pouces de diamétre chacun, dont les aiſſieux C, D ſont horizontaux & paralléles à l'axe de la rouë : les rouleaux, qui par conſéquent ſont verticaux (comme on peut le voir dans la *figure* 7.) n'auront qu'environ un pouce d'épaiſſeur (ou plus ſi l'on veut) & ne ſeront pas dans le même plan, mais l'un un peu devant l'autre, & tous deux paralléles. Ces rouleaux portent les tourillons G*g* de la grande rouë qui tournent ſur eux. *En ce cas le frottement du tourillon devient huit fois moindre, que s'il ſe mouvoit dans les cuivres ordinaires ;* car ſi l'on ſuppoſe que le tourillon ſe meut dans la direction *g* G, il ne quittera pas la partie *g* de la rouë A ſur laquelle il porte, pour aller porter ailleurs avec ſa partie touchante, comme il arrive lorſqu'il tourne, & qu'il produit un frottement à la maniére ordinaire, mais il amenera avec lui la circonférence de la rouë ou le rouleau A, en le faiſant tourner dans la direction A*g*, pendant que ſon autre partie touchante G en tournant porte auſſi circulairement le rouleau B dans la direction G B, & ces rouleaux feront ce mouvement ſans aucun frottement, excepté celui de leurs propres aiſſieux C, D dans leurs cuivres. En ſorte que le frottement eſt tranſporté du tourillon G*g* aux aiſſieux C, D, où la vîteſſe des parties qui frottent, étant huit fois plus petite qu'elle n'auroit été en G*g*, le frottement doit être huit fois moindre, comme nous l'avons déja fait voir *Leç.* 4. *Regles* 2, 3, 4. Maintenant quoique ces rouleaux ayent quatre points qui portent, & que les autres deux qui ſupportent l'autre tourillon de l'aiſſieu de la grande rouë, ayent auſſi quatre points qui percent, le frottement n'eſt pas plus grand que s'il n'y en avoit qu'un ſeul qui portât, parce que chacun de ces points ne ſoutient que la huitiéme partie du poids. *Donc le frottement eſt devenu huit fois moindre par le moyen de ces rouleaux ; ce qu'il falloit prouver.*

NOTE ſur la IV. Leçon.

Planche 18. Figure 6.

SCHOLIE.

Si les aiſſieux des rouleaux n'avoient que la moitié du diamétre du tourillon, comme en E & F, le frottement ſeroit alors 16 fois moindre, & les aiſſieux ſeroient aſſez forts : car comme un cylindre d'un demi pouce de diamétre a autant de force que le quart de celui d'un pouce, les quatre bouts de l'aiſſieu des deux rouleaux ſeroient chacun égal en force autourillon, & ainſi à l'autre bout.

COROLLAIRE.

Delà il ſuit que ſi les extrémités des aiſſieux des rouleaux, ſont chacune ſupportées par deux autres rouleaux ſemblables, le frottement ſera encore diminué, & deviendra encore 16 fois moindre. Suppoſons, par exemple, une rouë de 6 pieds de diamétre, & qui peſe 648 livres, le tiers de ce poids pour le frottement eſt 216 livres, qu'il faut diviſer par 72, parce que le diamétre du tourillon eſt autant de fois contenu dans le diamétre de la rouë, & nous aurons 3 livres pour le frottement de la rouë ſur les cuivres ordinaires ; mais ce nombre doit être encore diviſé par 16 fois 16, c'eſt-à-dire,

NOTES sur la IV. Leçon.

par 256, à cauſe des rouleaux qui portent ſur d'autres rouleaux, ce qui réduit le frottement à $\frac{3}{256}$ livres, ou à un peu plus que la 85e partie d'une livre, ou à 3 dragmes de 16 par once.

4. [Page 218 — *Le frottement ſur l'aiſſieu, &c.*] PUISQUE nous avons déja dit & prouvé (*Leçon* 4. *Expérience* 4.) que le frottement vient du poids qui preſſe toutes les parties à la fois, & non du nombre des parties qu'il touche, on n'a aucune raiſon d'accourcir les aiſſieux des rouës, ſoit dans les voitures ou dans toute autre eſpéce de rouës pour diminuer le frottement; car non-ſeulement on n'arrive pas au but par ce moyen, mais on donne occaſion à l'aiſſieu qui frotte, de s'uſer beaucoup plus vîte, & la choſe a des conſéquences fâcheuſes dans les horloges, parce que l'on fait les trous dans la vûë d'abreger les aiſſieux, ces trous deviennent bien-tôt trop grands; au lieu que s'ils n'étoient que cylindriques de l'épaiſſeur de la piéce, il n'y auroit pas plus de frottement, & les pivots porteroient beaucoup plus long-tems; c'eſt auſſi ce que pratiquent aujourd'hui tous les bons Horlogeurs; car lorſqu'ils diminuent un peu l'aiſſieu, ce n'eſt qu'à une petite profondeur pour tenir l'huile. Les expériencesſur la machine ſuivante rendront la choſe plus ſenſible & évidente.

EXPOSITION DE LA MACHINE.

Planche 18. Figure 8.

Sur la platine de cuivre A B C (qui eſt ici repréſentée preſque auſſi grande que la machine) on fixe deux piéces verticales D & E, avec une fente dans l'une en D, & un trou dans l'autre entre les lettres K & L pour recevoir les petits pivots aux extrémités de l'aiſſieu D K de la rouë Z F L G. Mais ces pivots qui n'ont que la 30e partie d'un pouce de diamétre, ne portent pas ſur le trou en K & au fond de la fente en D; car ils ſont portés par deux platines circulaires ou rouleaux à chaque bout de l'aiſſieu, ſçavoir, par les platines verticales M 1, M 2, M 3, M 4, de la maniére qu'on l'a décrit dans la derniere note, & comme on l'a repréſenté en G *g* (*Figure* 6.)

La ſection de l'un de ces rouleaux ou platines ſe voit dans la *Figure* 7. en ſorte que lorſque la rouë tourne circulairement d'un côté, toutes les platines roulanntes tournent du côté oppoſé auſſi librement que ſi le pivot étoit un pignon, & comme ſi les rouës ou platines avoient des dents, parce que les aiſſieux des platines ont de fort petits pivots qui tournent dans des trous fort polis, leſquels ſont faits & polis dans les quatre platines verticales fixes N 1, N 2, O & P; celle-ci n'a de viſible dans la figure que le coin de ſa baſe, la rouë M 2 la cachant dans cette ſituation de la machine. Les petits ſupports comme D, *d*, *d*, ſervent à porter contre les extrémités des pivots (tant pour la grande rouë que pour les quatre petites, y en ayant dix, dont on ne peut voir ici que trois) & par cette réſiſtance contre ces extrémités, les épaulemens comme C *c* (*Figure* 7.) ne frottent jamais.

Par ce moyen la grande rouë a ſi peu de frottement que ſi l'on applique le doigt à ſa circonférence pour lui donner un mouvemenr vif, chaque point de cette circonférence décrira l'eſpace de plus d'un mille avant que

de s'arrêter ; car quoiqu'on ne puiſſe pas compter le nombre des révolutions de la grande rouë en y fixant les yeux, on peut cependant le trouver en conſidérant les trous que l'on a laiſſé dans les petites rouës (un dans chacune à ce deſſein car ces petites rouës ayant deux pouces de diamétre,) ne tournent qu'une fois, pendant que la grande rouë (dont les pivots lui impriment le mouvement) tourne 60 fois. NOTE ſur la IV. Leçon.

Le frottement de la grande rouë devenant par ce moyen ſi petit qu'il eſt en quelque maniére inſenſible, elle eſt très-propre au but qu'on ſe propoſe. Enſuite au haut d'une piéce verticale QR fixée à vis en bas par ſa baſe ou pied Q, on attache avec une vis en R un bout du reſſort ſpiral 51, 52, 53, 54, dont l'autre bout eſt attaché à l'aiſſieu de la grande rouë auprès de 54. Maintenant ſi l'on fait tourner la rouë ſur ſes pivots, en portant le point Z de ſa circonférence vers l'aiguille Y, laquelle marque les degrés ſur le bord de la rouë (mais ils ne ſont repreſentés ici que par des points marqués de Z en Y) auſſi-tôt qu'on la laiſſe aller, elle revient vers Z & fait pluſieurs vibrations en avant & en arriére, comme le balancier d'une montre, pendant un long-tems ; s'il y a quelque choſe qui porte contre l'aiſſieu HJD, qui eſt parfaitement cylindrique & d'un quart de pouce de diamétre, alors il y aura moins de vibrations à proportion de ce frottement. Maintenant pour faire voir que le frottement eſt proportionnel au poids qui preſſe ſur l'aiſſieu, & non pas à la ſurface, on a fait les Expériences ſuivantes.

EXPÉRIENCE I.

PRENEZ la piéce de la *Figure* 9, peſant une demie once, faite en forme de croix plate, & après l'avoir limée, vous l'adoucirez ſur une pierre à huile, ſur le côté plat au-deſſous de V, vous ferez un petit trou à l'extrémité T, & y joindrez une petite piéce ronde & ſolide à l'extrémité oppoſée X. Placez cette piece au-deſſus de l'aiſſieu de la rouë entre J & D, en ſorte que le poids de la piéce pendante X, tirant en bas la partie plate V ſur cet aiſſieu, faſſe monter l'extrémité T avec ſon petit trou contre la pointe au bout inférieur de la vis T du montant *t* T, qui la retient en place, pendant que l'aiſſieu tourne circulairement en-deſſous ; enſuite ayant pouſſé Z vers Y, ou ayant tiré en arriére ce point contre le ployement du reſſort d'environ 90 degrés, vous obſerverez le nombre des vibrations que la rouë fait avant que de s'arrêter par le frottement de la croix dans la ſituation repréſentées par les lignes ponctuées en TVX, *Figure* 8. Suppoſons que ce nombre de vibrations ſoit 50 ; prenez enſuite la croix de la *Figure* 10. & placez-la de la même maniére & en même-tems exactement à côté de l'autre. Arrêtez-la dans ſa place par la pointe d'une autre vis *t* ; comme elle eſt exactement la même en figure & en poids, elle ajoutera un nouveau frottement égal à celui de l'aiſſieu, le poids preſſant autant que la ſurface qui frotte & qui eſt doublée ; ce qui paroît en imprimant le mouvement à la rouë comme auparavant, puiſque le nombre des vibrations ne ſera que 25.

Notes sur la IV. Leçon.

Expérience II.

Au lieu des deux croix mentionnées ci-devant, vous placerez celle de la *Figure* 11. qui pese une once, (c'est-à-dire, autant que les deux autres) mais dont la surface sous V est exactement polie & adoucie comme les autres : mettez ensuite la roue en mouvement comme ci-devant, & les vibrations ne feront que 25 en nombre, quoique la surface qui frotte ne soit que la moitié des deux, parce que le poids est le même. Et cela se prouve encore mieux par l'Expérience suivante.

Planche 18. Figure 11.

Expérience III.

Dans celle-ci la piéce X doit être tirée de sa place où elle entroit à vis, & il faut la faire entrer à vis dans le même trou de l'autre côté de la croix, pour faire en sorte que la petite arête du prisme en V porte sur l'aissieu de la grande roue, au lieu de la partie large de la croix. La roue perdra aussi son mouvement, quoique la surface qui porte sur son aissieu soit environ vingt fois moindre que lorsque les deux premieres croix y étoient appliquées, parce que le poids est le même.

5. [— *S'il change leur maniére d'operer, &c. au lieu d'y trouver un avantage, il lui faudra trois hommes de plus pour élever ces poids.*] Quelques-uns ont tâché de rendre cette machine plus utile en la faisant rouler sur un plan incliné, au lieu de la faire monter directement en haut de la maniére que je l'ai décrite & condamnée dans le rapport que j'en ai fait. Je crois qu'il est à propos de faire voir ici quelle doit être la perte de la puissance à proportion de l'inclinaison du plan.

Je dis donc, *que dans chaque inclinaison du plan, si lon prend le sinus de l'angle d'inclinaison en parties du* rayon *de l'aissieu ou du rouleau ; la puissance sera au poids : : comme le* rayon *du rouleau* + *le sinus d'inclinaison : est au* rayon *de la roue* — *ledit sinus d'inclinaison ;* c'est-à-dire, *dans la Figure* 10. *Planche* 20. P. (= 1) : W (= 3) : : $dk : ak$.

Dans l'expérience presente BE est un plan incliné, sur lequel le rouleau C doit courir, en touchant ce plan au point *c* ; AM est la roue derriére ce plan ; en supposant un autre plan semblable & également incliné derriére la roue pour supporter l'autre bout du rouleau.

Les lignes de direction de la puissance & du poids, étant *a* P & *d* W ; menez par le point d'attouchement ou centre du mouvement *c* la ligne AD paralléle à l'horizon & perpendiculaire à *a* P & *d* W ; par le centre de la machine C, menez *a d* paralléle à AD. Supposons l'angle B *c* A de l'inclinaison du plan de 30°, son sinus droit sera égal à la moitié du rayon. Divisant donc C *c* (rayon du rouleau) en deux parties égales en *k*, & menant *k c* & C *c*, l'angle *k c* C sera égal à B *c* A, & son sinus sera C *k*. Maintenant puisque c'est évidemment la même chose de prendre *a d* pour levier dont le centre du mouvement est en *k*, ou de prendre AD égale & paralléle à *a d* avec son centre de mouvement en *c* ; il suit que dans cette inclinaison

du plan, la distance $d k$ du poids dK est plus grande que dC (distance du poids dans l'usage ordinaire de cette machine) de la quantité ajoutée Ck, sinus de l'angle d'inclinaison ; & $k a$, distance de la puissance, est moindre que Ca (distance de la puissance dans la maniere ordinaire) par la soustraction de la même quantité ou sinus Ck : & par conséquent celle qui agit sur ce plan incliné : est au poids :: Dc : est à c A. B. C. D. Note sur la IV. Leçon.

COROLLAIRE I.

De la il suit que le rayon de la rouë & celui du rouleau étant donnés, on peut trouver la perte de la puissance dans toutes les inclinaisons du plan. Comme ici la puissance qui dans la maniere ordinaire n'est que la cinquiéme partie en doit être un tiers ; ainsi l'angle d'inclinaison du plan n'étant que de 11°. 32′, la puissance ne seroit que $\frac{1}{4}$ du poids, &c.

COROLLAIRE II.

De la il suit aussi que si le plan BE est horizontal, on ne perd aucune partie de la puissance, parce que $c g$: $c f$ :: CG : CF.

SCHOLIE.

Comme le frottement du roulement des cordes, tels que Bc dans la nouvelle Methode, est plus grand que celui du pivot dans l'ancienne (outre le frottement dans des colliers du contre-poids pour la machine) en sorte que le frottement diminue, à mesure que les cordes soutiennent un moindre poids, selon la diminution de l'angle du plan ; & lorsque le plan est horizontal & sans contre-poids, alors même le roulement des cordes en haut, & la pression du rouleau contre le plan, valent le frottement dans la méthode ordinaire.

N. B. *J'ai fait l'expérience avec des pivots dont le diamétre étoit douze fois moindre que celui du rouleau & avec de la soye fine & pliable au lieu de cordes.*

6. [— *Cinq hommes sont égaux en force à un cheval, &c.*] Les Auteurs *Anglois* qui ont comparé ensemble la force des hommes & des chevaux au cabestan, ont trouvé que leurs forces ont cette proportion, comme le sieur *Jonas Moore* & autres, &c. Mais les Auteurs *François* supposent toujours un cheval égal à sept hommes ; ce que je crois conforme à leurs observations. Il est vrai que j'ai observé que les Laboureurs en *Hollande* (l'un portant l'autre) travaillent avec une force qui approche beaucoup de cette proportion. En sorte que nous pouvons dire, que cinq Laboureurs *Anglois* sont égaux en force à un cheval, & qu'il en faut sept *François* ou *Hollandois*. Mais ici je n'examine pas l'adresse ou la legereté qui fait qu'un homme travaille beaucoup plus qu'un autre de la même force. En *Turquie* les Portefaix portent le double de la charge des plus forts Portefaix *Anglois*, comme je le ferai voir plus clairement dans la Note suivante.

NOTES sur la IVe. Leçon.

7. [— *Les muſcles peuvent agir avec une force prodigieuſe, &c.*] Il y a environ 30 ans qu'un homme de *Kent* nommé *Joya*, fameux par ſa grande force (quoiqu'il ne fût pas auſſi fort que le Roy de *Pologne*, ſuivant ce qu'on nous a rapporté de ce Prince) fit pluſieurs tours à *Londres* & à la campagne qui ſurprirent ſi fort les Spectateurs, que la plûpart l'appellerent un ſecond *Samſon*. Mais quoique les ſituations où il avoit appris à mettre ſon corps, & qu'il avoit trouvé par la pratique ſans aucune théorie de la méchanique, fuſſent telles qu'un homme d'une force ordinaire auroit pû faire des tours ſemblables qui auroient paru ſurprenans à ceux qui ne connoiſſent pas l'avantage de ces ſortes de poſitions du corps ; cependant perſonne alors ne tenta de tirer contre la force des chevaux, ou d'élever de grands poids, ou de faire quelque autre choſe à l'imitation de cet homme ; parce que comme il avoit une grande force dans les bras, & qu'en faiſiſſant fortement ceux qui vouloient éprouver ſa force de cette maniére, il les obligeoit d'abord à demander quartier, on attribuoit totalement à ſa force extraordinaire les autres tours qu'il faiſoit (& où ſa maniére d'agir venoit principalement de l'avantage méchanique qu'il gagnoit par la poſition de ſon corps.)

Mais lorſqu'il fût ſorti d'*Angleterre*, ou qu'il eût ceſſé pendant huit ou dix ans de faire voir ſes opérations, des hommes d'une force ordinaire trouverent le moyen de tirer un ſi grand avantage des mêmes ſituations où *Joya* avoit mis ſon corps, qu'ils paſſerent pour des hommes d'une force plus qu'ordinaire, en tirant contre des chevaux, en briſant des cordes, élevant des poids énormes, &c. (quoiqu'ils ne puſſent pas dans aucune de ces ſituations faire réellement autant que *Joya*, ils ne laiſſerent pas d'en faire aſſez pour étonner & amuſer, & pour gagner de grandes ſommes d'argent) enſorte que de deux en deux ans, ou de trois en trois, nous avions un nouveau *ſecond Samſon*.

Il y a environ 15 ans qu'un Allemand d'une taille moyenne, & d'une force aſſez ordinaire, ſe produiſit dans le *marché aux foins*, & par les inventions dont je viens de parler, il ſe fit paſſer pour un homme d'une force non-commune, & gagna beaucoup d'argent par le concours journalier des Spectateurs. Après l'avoir vû une fois, je conjecturai quelle étoit la méthode dont il ſe ſervoit, pour en impoſer à la multitude ; & ayant reſolu de me ſatisfaire entiérement ſur cette matiére, je pris avec moi quatre perſonnes fort curieuſes pour voir tous ces tours une ſeconde fois ; ſçavoir, le Lord Marquis du *Tullebardin*, le Docteur *Alexandre Souart*, le Docteur *Pringle* & un Ouvrier en méchanique, qui a coutume de m'aider dans mes Cours d'expérience. Nous nous placâmes autour de l'Operateur de telle maniére, que nous fûmes en état d'obſerver exactement tout ce qu'il faiſoit, & nous trouvâmes la choſe ſi praticable, que nous fîmes le ſoir même pluſieurs de ſes tours, & qu'enſuite je fis la plûpart des autres auſſi-tôt que j'eus un chaſſis propre à m'y aſſeoir pour tirer & un autre pour me tenir débout & pour élever de grands poids, avec une ceinture convenable & des crochets. Je fis auſſi quelques-unes de ces expériences devant la *Societé Royale*, & dans la ſuite dans toutes mes Leçons expérimentales, j'ai expliqué la raiſon de ces opérations, & j'ai fait voir que toute perſonne d'une force ordinaire qui a la curioſité de faire cette épreuve, peut faire aiſément

tout ce que l'*Allemand* dont on vient de parler, avoit coutume de faire, sans aucun danger de faire des efforts extraordinaires, en se servant des instrumens que j'ai destinés à cet effet. Je n'ai pas oui-dire qu'aucun de ces *Samsons* ait tenté depuis d'en imposer au peuple de la même maniére à Londres ou aux environs. NOTES, la IV. Leçon.

Il est donc à propos d'expliquer ici quels sont les tours de force que l'Allemand avoit coutume de faire (car je n'ai jamais vû *Joya*) & de faire voir par la construction du corps humain, combien il est aisé à chacun d'en faire autant.

1°. L'homme fort JHL assis sur le chassis AGBEFCD (*Planche* 19. *Figure* 1.) sur une planche horizontale, ou plûtôt inclinée en arriére comme FG, ayant les pieds contre un appui vertical immobile tel que DCF soutenu en E, & entouré un peu au-dessous des hanches d'une forte ceinture H, qui porte des anneaux de fer où une corde est attachée par le moyen d'un crochet. La corde passe entre ses jambes par une fente de l'appui en L, & plusieurs hommes en MV, ou deux chevaux ne peuvent pas en tirant le faire sortir de sa place. Planche 19. Figure 1.

N. B. *Ses mains en* K *paroissent tirer, mais elles ne lui donnent aucun avantage; il est vrai que s'il élevoit tant soi peu la corde avec ses mains, ce seroit pour lui un desavantage; & quoique la planche sur laquelle il étoit assis (lorsque je le vis) fût dans la position horizontale* FP, *cela vaut beaucoup mieux, & il est bien dangereux de la tenir inclinée comme* FG, *& de n'avoir qu'un trou en* L *pour y faire passer la corde, au lieu d'une ouverture depuis* L *en haut vers* D, *comme je le ferai voir en expliquant cette opération.*

2°. Le même homme JHL (*Figure* 3.) ayant fixé la corde précedente tout autour d'un poteau bien fort en R, & l'ayant ensuite fait passer dans un œil de fer fixé en L, pour l'attacher à sa ceinture, il appuye ses pieds contre le poteau auprès de cet œil de fer, il s'éleve de terre par le moyen de cette corde, & il la rompt en ouvrant subitement les jambes, & tombant en arriére sur un lit de plume en B, placé à terre pour le recevoir, afin que sa chûte ne le blesse pas.

3°. Il se couche sur le terrein dans la posture JHL (*Figure* 4.) avec un enclume KH sur la poitrine en H, sur lequel un autre homme M frappe avec un marteau d'enclume de toutes ses forces, le fer K, & quelquefois deux Forgerons coupent une grande barre de fer froid en deux parties avec des ciseaux. Quelquefois on mettoit sur son ventre une grande pierre, dont on voit la moitié en S, & on la rompoit d'un grand coup de marteau. Mais alors il étoit dans la posture de la *Figure* 5. lorsqu'on rompoit cette pierre sur son ventre; ce qui est moins dangereux lorsqu'il n'y a rien sous le dos, que lorsqu'un homme est couché sur un terrein solide, comme nous le ferons voir.

4°. Ce prétendu *Samson* appuyoit ses épaules (non pas sa tête, comme il

Notes sur la 1re. Leçon.

vouloit le faire croire) ſur une chaiſe & ſes talons ſur l'autre, & il portoit un ou deux hommes débout ſur ſon ventre, les élevant & les abaiſſant à meſure qu'il reſpiroit, formant avec l'épine du dos, les cuiſſes & les jambes l'arc J H L (*Figure* 5.) dont les extrémités ſont J & L.

N. B. *On place en* H *une pierre d'un pied & demi de long, d'un pied de large & de cinq à ſix pouces d'épaiſſeur, lorſqu'on veut la rompre d'un coup de marteau.*

5°. Il ſe couche à terre dans la poſture J L H (*Figure* 6.) & l'homme M étant droit ſur ſes genoux, il retire ſes talons vers ſon derriére pour élever par ce moyen ſes genoux au-deſſus de C. Il éleve l'homme par degrés juſqu'à ce qu'ayant poſé ſes jambes perpendiculairement ſous l'homme comme dans la *Figure* 7. il éleve ſon propre corps, & ſaiſiſſant avec ſes bras les jambes de l'homme, il l'éleve avec lui & le place ſur une table peu haute ou ſur une éminence d'environ la hauteur de ſes genoux ; il fait même quelquefois cela avec deux hommes ; ce qui n'eſt pas une opération difficile.

6°. Il ſe tient droit dans le chaſſis A B C D E F (*Planche* 20. *Figure* 2.) & il prétend *élever* un canon C placé dans un baſſin de grande balance S *s*, quoiqu'il ne faſſe réellement que le *ſoutenir* ; les cordes du baſſin étant attachées à une corde ou chaîne L H, ſuſpendue à ſa ceinture H, les aſſiſtants retirant les rouleaux R, *r* de deſſous le baſſin, lorſqu'il s'eſt une fois fixé lui-même, de maniere que les cordes ſeroient bien ſerrées, & les jambes & cuiſſes bien droites.

N. B. *Il eſt preſque auſſi aiſé de rompre la corde avec l'œil L fixé à terre* (Figure 1. Planche 20.) *ou ſur le plancher, par le moyen de la ceinture H, que de la maniere repréſentée dans la* 3e. Figure *de la* Planche 19. *Mais il ne l'a jamais éprouvé de cette maniere ; parce que la choſe eſt ſi facile, que pluſieurs perſonnes en auroient fait l'expérience immédiatement après, & qu'ils auroient trouvé qu'il n'y avoit point de difficulté à rompre une corde de cette maniere, comme je l'ai fait ſouvent ; mais paroiſſant néceſſaire à l'opération de ſe laiſſer tomber en arriére, peu de perſonnes ont eu le courage de faire cette épreuve.*

La 4e. *Figure* repréſente la ceinture qui eſt faite avec une double ſangle de cheval, & qui a deux anneaux de fer en G & R. On voit le crochet dans la *Figure* 5. & la poſition de l'œil de fer dans la *Figure* 3. où l'on peut obſerver que le côté de l'œil, & non la partie ouverte, eſt du côté du poteau, enſorte que la corde ne gliſſe pas aiſément dans le trou, mais s'y enjambe & s'y arrête ; par ce moyen toute la force de l'effort de l'homme agit ſur une partie de la corde, & ainſi elle ſe rompt aiſément.

Cet homme avoit auſſi coutume de prendre une piéce plate de fer, de la figure marquée 7. & de la tordre en vis ; mais ſa maniére de le faire étoit fort aiſée ; car d'abord il plioit le fer à angle droit, comme dans la *Figure* 8. enſuite entortillant ſon mouchoir autour de l'extrémité ſupérieure

large & plate du fer, il tenoit ce bout à la main gauche, & il appliquoit sa main droite à l'autre bout, qu'il tordoit autour du point angulaire, comme dans la *Figure 9*. NOTE I. la IV. Le on.

N. B. *Mylord* Tullibardin *prit un de ses fers, & fit la même chose en sa présence; & même, ce qui est plus difficile, il détortilla un des fers que cet homme avoit tordu.*

POUR expliquer comment des hommes d'une force non extraordinaire peuvent faire tous les tours précédents, j'ai tracé dans la Figure 6. la partie inférieure d'un squelette, contenant tous les os du corps humain, qui sont interessés dans ces opérations, & j'ai fait la figure fort grande, pour faire mieux voir comment on doit appliquer la ceinture.

Les os marqués J S A P A J * qui composent la cavité nommée le *Pelvis*, contiennent un cercle osseux ou un arc double d'une si grande force, qu'il faudroit une puissance immense pour les rompre par une pression extérieure dirigée vers le centre du cercle, ou le milieu du *Pelvis*. On doit aussi observer que les parties de cette circonférence osseuse, qui reçoivent les têtes des os de la cuisse en-dessus & en-dessous de A & en A, nommées *Ischium* ou *Coxendix*, sont les plus fortes de toutes, ensorte qu'il faut une très-grande force pour presser en haut les têtes des os de la cuisse (ou, ce qui revient au même, pour pousser en bas les parties supérieures du *coxendix*) ou les unes vers les autres par une direction latérale de A en A, sans produire aucun dérangement dans le corps humain.

Maintenant si l'on place autour du corps la ceinture décrite ci-devant & dans la situation qui est représentée dans la Figure, & si on la tire en bas en G, par le moyen d'un grand poids W, elle pressera en derriere sur l'*os sacrum* & sur l'*ilium*, & par sa pression sur T T, qui sont les grands *trochaxtes* des os de la cuisse, elle poussera plus fortement leurs têtes rondes dans leurs creux, ensorte qu'elles seront moins capables de glisser en-dehors, & de forcer le ligament par une impulsion dirigée en haut. Ainsi la partie demi-circulaire de la ceinture T C S C T presse tout-à-la-fois l'arc osseux marqué par les mêmes lettres, lequel conformément à la nature des arcs devient plus fort par cette pression. Les extrémités de cet arc ne peuvent pas s'approcher, à cause de la résistance des os A P A qui ont beaucoup de force, & elles ne peuvent pas s'écarter en-dehors, parce que la ceinture les retient.

De plus les cuisses & les jambes T D B sont deux fortes colomnes capables de soutenir au moins quatre ou cinq mille livres, pourvû qu'elles soient entiérement droites. Les muscles ne sont pas employés ici à faire force, n'étant occupés qu'à se balancer les uns les autres; c'est-à-dire, que les muscles antagonistes, les *extenseurs* & les *fléchisseurs* ne font que contenir

* Ces os se distinguent ainsi par les Anatomistes S, l'*os sacrum*, J J l'*ilium*, A A l'*os ischium*, dont la partie la plus forte a de chaque côté une concavité demi-sphérique, laquelle reçoit la tête ronde de l'os de la cuisse qui tourne en-dedans, étant soutenue par un fort ligament au milieu : les parties de cet os qui se joignent en-devant entre A A & au-dessus de P, se nomment *os Pubis* ou *ossa Pubis*.

NOTES sur la III. Leçon.

les os à leur place, ce qui les fait réſiſter comme feroit un os entier formé en arc.

Cela fait voir combien il eſt aiſé à l'homme de la *Figure* 2. de ſoutenir un canon qui peſe deux ou trois mille livres. La même ſolution peut auſſi ſervir à expliquer la réſiſtance de l'homme de la *Figure* 1. *Planche* 19, que cinq hommes (& même dix hommes ou deux chevaux) ne peuvent pas tirer de ſa ſituation; lorſqu'il eſt aſſis de maniere que ſes jambes & ſes cuiſſes ſont dans une ligne horizontale P F, ou dans une ligne inclinée vers A: car alors quoiqu'il y ait une différence entre la poſture d'un homme aſſis, & celle d'un homme debout, décrite ci-devant, cependant à raiſon de la mobilité des têtes des os des cuiſſes dans les *acetabules* ou cavités du *coxendix*, l'arc eſt le même, & auſſi fort qu'auparavant, ſes extrémités étant également ſoutenues par les jambes & les cuiſſes. Ce n'eſt que le pliement des côtes au-deſſus de la ceinture, pour tenir le corps élevé, qui fait la différence de la poſition de l'homme, quoiqu'elle ne ſoit pas ſenſible dans les parties réſiſtantes. L'impoſſibilité de ſurmonter la réſiſtance de l'homme qui eſt aſſis avec la ceinture autour de lui, ſans écraſer les jambes & ſes cuiſſes par leurs extrémités l'une ſur l'autre, dépend de ce qu'on a dit dans la 5e. Note ſur la 3e. Leçon, où nous avons fait voir qu'une puiſſance n'a aucun effet ſur un levier, lorſqu'elle tire contre le centre du mouvement. On expliquera mieux cela par la 2e. *Figure* de la *Planche* 19, ou le levier H L, dont le centre du mouvement eſt en L, repréſente les jambes & les cuiſſes de l'homme fort, la puiſſance des hommes & des chevaux qui tirent en M, eſt appliquée en H, & tire dans la direction H L. La même choſe doit arriver, lorſque le levier eſt dans la poſition H L; mais ſi l'homme s'aſſeyoit enſorte que ſon derriere fût plus haut que ſes pieds, & qu'il eût ſes jambes & ſes cuiſſes dans la poſition du levier *h* L; M *l h*, ligne de direction de la puiſſance, formeroit avec le levier l'angle *l h* L, dont le ſinus étant l L, réduiroit l'action de la puiſſance au même cas où elle ſeroit, ſi le poids de l'homme étoit ſuſpendu en *h* au long *bras* du levier recourbé *h* L *l*; & ſi la puiſſance tiroit au point *l* par le petit *bras l* L. Alors ſi la puiſſance étoit au poids dans une raiſon un peu plus grande que celle de *h* L à *l* L, l'homme ſeroit tiré en haut par un arc du cercle dont le centre eſt en L, ſa réſiſtance décroiſſant continuellement, parce qu'alors il n'y auroit que ſon poids qui agiroit contre la puiſſance, par le moyen d'un levier qui dans ſon mouvement augmenteroit continuellement la *diſtance active* de la puiſſance, & diminueroit celle du poids. Ainſi comme cela peut arriver à un homme aſſis ſur une planche horizontale, ſi ſa ceinture eſt un peu trop haute, ou s'il eſt tiré ſubitement avant qu'il ſe ſoit bien fixé, & que ſes jambes & ſes cuiſſes ſoient dans la poſition qui leur convient; je voudrois que la planche fût toujours inclinée comme F G, pour prévenir cette ſurpriſe, qui peut alors arriver difficilement, parce que le point H devroit monter entiérement au-deſſus de la ligne L P, avant que la puiſſance eût gagné aucun avantage. Mais pour être encore plus ſûr, au lieu de la fente D L, (ou L *l*, *Figure* 2.) je n'emploie qu'un ſeul trou en L pour y faire paſſer la corde, qui doit toujours être entre les jambes & les pieds.

NOTES la IV Leçon.

J'ai remarqué que ces prétendus *hommes forts* avoit quelquefois un bâton court & fort d'environ un pied de longueur, attaché à la corde en K, afin qu'en cas de surprise, ce bâton pût s'arrêter contre les apuis D & C, & empêcher par ce moyen ces hommes d'être entrainés plus avant dans ce cas, & alors ils tiennent le bâton à la main, voulant faire accroire qu'ils tirent avec leurs mains pour faire paroître le tour plus extraordinaire.

Quant à la rupture de la corde, les muscles doivent agir en étendant les jambes ; & pour mieux expliquer cette action, nous devons considérer un homme qui rompt la corde tel qu'il est représenté dans la premiere *Figure* de la *Planche* 20, cette maniere étant plus simple, que lorsqu'on la rompt de la maniere marquée *Figure* 3. *Planche* 19.

La corde étant attachée au poteau en P, ou à quelqu'autre point fixe, on la fait passer par un œil de fer L à un crochet de la ceinture H de l'homme H J, & on l'attache avec une gance ou autrement, de maniere qu'elle soit bien tenduë, pendant que les genoux de l'homme sont pliés ensorte qu'il ne manque qu'environ un pouce pour avoir les jambes & les cuisses entiérement droites. Alors si l'homme étend subitement ses jambes, & se redresse lui-même, il rompra aisément la même corde qui arrête deux chevaux lorsqu'ils agissent avec toute leur force pour la tirer, comme une corde de charrête, ou d'environ $\frac{3}{4}$ d'un pouce de diametre. Un homme d'une force moyenne pourra la rompre par l'action des dix muscles * qui étendent les jambes, & dont chaque jambe en a cinq.

Si la corde est assez forte pour soutenir 1800 livres, mais si elle doit se briser par un poids un peu plus grand, deux chevaux ou dix hommes ne peuvent pas la rompre en tirant simplement contre l'homme assis de la *Figure* 1. *Planche* 19.

Car un cheval dans les travaux ordinaires de six heures par jour, ne peut tirer que 240 livres ; il ne peut pas tirer plus du double de ce poids, lorsqu'il agit avec toute sa force ; & ainsi deux chevaux ou dix hommes, qui font autant que deux chevaux, ne peuvent pas par une secousse tirer au-delà de 1000 livres, au lieu qu'on a supposé la corde assez forte pour soutenir 1800 livres, & cependant un homme ordinaire dans la posture de la *Figure* 1. *Planche* 20. peut la rompre. Nous ne devons pas être surpris que les muscles extenseurs des jambes agissent avec tant de force, si nous faisons attention à leur grosseur & à leur longueur, surtout si nous les comparons avec les quatre muscles qui tirent en haut l'os de la mâchoire inférieure ; Car (quoiqu'ils ne pesent pas tous quatre

* Les cinq muscles qui étendent chaque jambe, sont décrits par les Anatomistes qui leur donnent les noms suivants. 1. Le *membraneux* qui prend son origine dans la partie supérieure de l'épine de l'*os ilium*, & qui se termine un peu au-dessous du genoux dans la partie de devant, & extérieure du *tibia* & du *Fibula*. 2. Le *rectus* qui prend sa naissance dans la partie inférieure de l'épine de l'*os ilium*, & se termine aussi un peu au-dessous du genoux dans la partie de devant du *tibia*. 3. Le *vastus externus* qui vient de la racine du plus grand *rotateur*, & se termine un peu au-dessous du *patella*, auprès du même endroit que le premier. 4. Le *vastus internus* qui vient de la racine du plus petit *rotateur*, & se termine aussi un peu au-dessous du *patella*. 5. Le cinquiéme est le *crurcus* qui vient de la partie de devant l'os de la cuisse, entre les deux *rotateurs*, & se termine au même endroit que le premier.

NOTES sur la V. Leçon.

une livre) ils mettent cependant certains hommes en état d'écraſer un noyau d'abricot ou de peſche, qu'on ne ſçauroit rompre ſans un poids immenſe. Voyez la ſixiéme Note ſur notre troiſiéme Leçon, ou pour mieux ſatisfaire ſa curioſité, on peut conſulter le Livre de *Borelli*, *de Motu animalium*, où il a fait voir quelle eſt la force particuliere des muſcles.

La maniere de rompre la corde, qui eſt repréſentée dans la *Figure* 3. de la *Planche* 19, quoique plus embarraſſante, eſt plus efficace pour y parvenir, que celle que nous venons de décrire ; car le même homme peut dans cette poſition rompre une corde, qu'il ne ſçauroit rompre dans l'autre poſition. Pour comprendre cela, il faut obſerver que l'homme prend la corde ſi courte, que lorſqu'il grimpe en haut contre le poteau, ſi l'œil L (par lequel la corde paſſe) eſt entre les doigts du pied, ſes talons étant plus bas en T, lorſque ſes genoux ſont droits, la longueur T H de ſes jambes & de ſes cuiſſes T H, eſt plus grande que la longueur de la corde & de la ceinture de L en H ; enſorte que nous pouvons conſidérer dans l'homme & la corde le triangle *l h t* tracé en-deſſous de l'homme dans la Figure ; le côté *l h* repréſente la longueur de la corde & le diametre de la ceinture ; la baſe *l t* les pieds de l'homme ; & le plus grand côté *t* h, les membres étendus, ou les jambes & les cuiſſes lorſqu'elles ſont droites. Or dans la notation des longs côtés de ce triangle, lorſque le côté *l h* devient horizontal en *l* r (ſe mouvant dans l'arc h r *r* autour du centre *l*,) le côté *t* h vient à la ſituation *t h*, (à meſure qu'il ſe meut autour du centre *t* dans l'arc h *h* s) & par conſéquent il faut ou que la corde s'étende de r en *h*, ou que le point *h*, en pliant les genoux s'approche de r ; ou enfin que la corde ſe rompe ; & c'eſt ce qui doit arriver, ſurtout ſi l'on fait réflexion que plus le corps deſcend (avec les membres roides) autour des doigts du pied qui ſont le centre de ſon mouvement, plus la diſtance *r h* eſt grande, comme on le voit un peu au-deſſous en *r s* ; enſorte que ſi la corde s'étend un peu au commencement, elle doit ſe rompre à la fin, & l'homme doit tomber ſur le lit de plume, ou ſur quelque autre corps mou pour le recevoir en B. Car ſi l'homme trouve que l'action des muſcles extenſeurs des jambes ne ſuffit pas pour rompre la corde, il peut dans cette poſition y ajouter aiſément tout le poids de ſon corps avec une ſecouſſe, en ſe pouſſant lui-même en arriere.

La poſture de la *Figure* 4. *Planche* 19, (où l'homme fort ayant un enclume ſur ſa poitrine ou ſur ſon ventre, ſouffre qu'un ou deux autres hommes frapent avec un gros marteau ſur cet enclume, & y forgent un morceau de fer, ou qu'ils y coupent une barre de fer froid avec des cizeaux) quoiqu'elle paroiſſe ſurprenante à certaines gens, n'a rien au fonds de merveilleux ; car tout conſiſte à ſoutenir l'enclume ; & plus l'enclume eſt peſant, moins les coups de marteau ſont ſenſibles : Si l'enclume n'étoit que deux ou trois fois plus peſant que le marteau, l'homme fort ſeroit tué après quelques coups. On comprendra ceci plus aiſément, ſi l'on ſe rappelle ce que nous avons dit dans la ſeconde Leçon ; car plus l'enclume a de matiere, plus il a d'*inertie*, & moins il eſt capable d'être tiré de ſa place, parce que lorſqu'il a reçû par le coup tout le *momentum* du marteau

teau, ſa vîteſſe eſt d'autant plus petite en comparaiſon de celle du marteau, qu'il a plus de matiere que le marteau. Il ne faut pas même dans ce cas attribuer à l'enclume une vîteſſe moindre que celle du marteau en proportion réciproque de leurs maſſes ou quantités de matiere ; car cela n'arriveroit que dans le cas où l'enclume ſeroit ſuſpendu librement, par exemple, dans l'air avec une corde, & qu'il fût frapé horizontalement avec le marteau ; mais la réſiſtance des côtes qui forment un arc ſous l'enclume, doit encore diminuer cette vîteſſe : enſorte que ſi le marteau frapant l'enclume lorſqu'il eſt ſuſpendu librement, peut le faire ſortir de ſa place d'un pouce, ſi l'on met derriere l'enclume une réſiſtance égale à ſon poids, il ne ſortira que d'un demi-pouce ; & ſi cette réſiſtance eſt double, ce ne ſera que d'un quart de pouce, &c. C'eſt ainſi que la vîteſſe communiquée par le marteau, eſt diſtribuée à toutes les parties d'une grande pierre, lorſqu'on la met ſur la poitrine de l'homme pour la rompre ; mais lorſque le coup eſt donné, l'homme ſent moins le poids de la pierre, qu'il ne le reſſentoit auparavant, parce que dans la réaction de la pierre, toutes ſes parties autour du marteau s'élevent vers le coup ; & ſi la tenacité des parties de la pierre n'eſt pas plus forte que la force avec laquelle elle ſe meut vers le marteau, la pierre ſe briſera, comme elle le fait lorſque le coup eſt fort, & qu'il eſt frapé ſur le centre de gravité de la pierre.

Note [illegible] la IV. Leçon.

N. B. *Que les parties des corps frapés ſe meuvent vers le coup, c'eſt une conſéquence d'une loi de nature, dont voici l'explication.*

L'expérience commune de placer un bâton par ſes extrémités ſur deux verres d'eau, & de le fraper en bas par le milieu, enſorte que le bâton ſe rompe ſans briſer les verres, ou ſans verſer l'eau, eſt une preuve évidente du fait ; & l'obſervation de ce qui arrive dans cette Expérience, fait voir qu'elle dépend de la premiere *Loi de Nature* ; Car ſi les verres A, B, ont ſur leurs bords le bâton AB, dont le centre de gravité eſt en C ; & ſi on le frape avec une barre dont on voit la coupe en C, ce bâton par la premiere loi faiſant effort pour reſter dans ſon état de repos, n'a que ſa tenacité pour réſiſter au coup de la barre, qui briſe le bâton pendant le tems qu'elle va en *c* ; & alors les deux parties du bâton doivent être dans la poſition *c a* & *c b*, & s'élever toujours en tournant vers C ; car M, *m*, centres de gravité des deux parties du bâton, faiſant effort pour reſter dans leurs places reſpectives, deviennent les centres du mouvement de ces deux bâtons ; d'où il arrive, que comme par la continuation du coup, ils ſont pouſſés tous deux en bas vers *c*, leurs extrémités *a* & *b* doivent être portées en haut, & vers C, par un mouvement circulaire.

Planche 16. Figure 8.

Cela paroît encore mieux, ſi l'on fait l'Expérience d'une maniere toute oppoſée ; car ſi l'on frape le bâton en haut dans la direction *c* C, on rompra les verres, ſi le coup eſt fort ; & s'il n'eſt pas fort vif, l'eau ſe répandra.

Il y a auſſi une autre Expérience qui rend ceci très-évident.

NOTES sur la IV. Leçon.

Soit le cercle ou cerceau de plomb A B C, (*Planche 16. Figure 9.*) suspendu en haut par la corde S G, & ensuite frappé par la barre dont on a parlé ci-devant, au point B, dans une direction horizontale; l'effet qui en résultera sera, que l'anneau changera sa figure circulaire A B C D E F, pour prendre la figure ovale irréguliere A *b* C *h* D *e* F *g*; ensorte que non-seulement les parties en A & C vont vers le coup, pendant que la barre B (représentée par sa section quarrée) se meut de B en *b*; mais aussi la partie la plus éloignée s'avance vers *e*, les points A, C, F, D devenant centres du mouvement pour les arcs (ou quarts de cercle) B G, B H, E G & E H, pour se mettre dans les positions *b g*, *b h*, *e g* & *c h*, auquel cas ils doivent changer leur figure, parce qu'ils ne sont pas séparés les uns des autres aux points B, H, E, G, &c.

Planche 16. Figure 9.

Il seroit trop ennuyeux, en expliquant les autres tours de force, d'entrer dans un aussi grand détail que celui où je suis entré dans ceux qui ont précedé. Ainsi je n'examinerai qu'en passant ceux qui suivent; d'autant plus que les principes déja expliqués dans les dernieres Leçons, & les réflexions que je viens de faire, mettront aisément le Lecteur en état de trouver la raison de toutes les opérations semblables.

Dans la cinquiéme *Figure* de la *Planche* 19, l'homme J H L (ayant arrêté les chaises J, L,) forme un arc si fort avec l'épine du dos, & les os de ses jambes & de ses cuisses, qu'il est capable non-seulement de soutenir un homme, mais trois ou quatre, s'ils avoient assez de place pour s'y placer; ou à leur défaut on peut y rompre une grosse pierre d'un seul coup.

Planche 19. Figures 5, 6 & 7.

Dans la sixiéme & septiéme Figures de la même *Planche*, un homme ou deux sont élevés dans la direction C M, par les genoux de l'homme fort J H L, couché sur son dos. Il faut maintenant observer que les cinq muscles * qui plient les jambes, (quoique plus foibles que les extenseurs, parce qu'ils ne sont pas destinés à porter le corps dans les mouvements ordinaires) agissent avec leur plus grande force au commencement de cette opération, comme font tous les muscles, lorsqu'après s'être entiérement étendus, ils commencent à s'accourcir; & pour les soulager dans leur action, à mesure que les talons vont en avant depuis le point L, ils s'arrêtent contre le terrein, & tiennent le corps M dans la place où il s'est élevé: ensorte que l'action de ces *Flexeurs* est réitérée, & qu'ils ont le tems d'être recrutés par de nouveaux esprits (ou par quelque fluide que ce soit qui les fait enfler); & lorsqu'ils sont tellement resserrés qu'ils agis-

* Les cinq muscles qui plient les jambes sont: Le *longissimus* ou *fascialis* qui prend son origine dans le nœud intérieur de l'os *ilium*, & se termine un peu au-dessous du genou par un tendon, qui est attaché sous le genou dans le côté de devant, & intérieur du *tibia*. 2. Le *grêle* qui vient de la jointure de l'os *pubis*, & qui se joint par un fort tendon un peu au-dessous du premier, dans le côté intérieur du *tibia*. 3. Le *seminerveux* qui vient du nœud de l'*ischium*, se terminant par un tendon rond sous le jarret, & qui est aussi attaché au côté intérieur du *tibia* vers l'arriére, s'étendant jusqu'à son milieu. 4. Le *semimembraneux* qui procede du même nœud, & finit par un tendon plus large que le troisiéme dans la partie de derriere du *tibia*. 5. Le cinquiéme se nomme *Biceps*, & commence de même à l'*ischium*, pour se terminer au côté extérieur de l'appendix supérieur du *fibula*.

sent plus foiblement, la pression du poids les affecte toujours de moins en moins, parce que les os soutiennent une plus grande partie du poids, à mesure qu'ils deviennent plus perpendiculaires, & par conséquent les muscles ont moins occasion d'agir. Voyez la *Figure 7*. Le reste de cette opération, qui est de placer l'homme M sur une table, est une chose fort aisée & triviale, l'homme fort n'ayant plus que son propre corps à élever ; ce qu'il fait en appliquant ses mains autour du pied ou des jarrets de l'homme ; & s'élevant lui-même, il le chasse plûtôt loin de ses genoux, qu'il ne l'éleve sur une table placée en N, à la portée de ses bras, comme il le prétend.

NOTES à la IV. Leçon.

En rompant la corde, il y a une chose à observer, qui facilitera beaucoup l'opération, & qui consiste à placer l'œil de fer L (*Planche* 20. *Figure* 3.) par où la corde passe, en telle situation, que le plan qui passe par son anneau soit paralléle, ou presque paralléle aux deux parties de la corde, parce qu'alors la corde sera en quelque maniere enjambée dans l'anneau d'une maniere à ne pas glisser, & toute la force de l'action de l'homme agira sur la partie de la corde qui est dans l'anneau ; ce qui la fera rompre plus aisément que si elle agissoit sur plusieurs parties de la corde. Ensorte que l'œil, quoiqu'arrondi & adouci, *coupera*, pour ainsi dire, *la corde*. Et c'est de cette maniere qu'on peut rompre une petite corde bien serrée, & même une petite corde de tourne-broche, & avec la main sans se blesser, en la disposant de maniere qu'une partie de la corde coupe l'autre ; c'est-à-dire, en la roulant tellement autour de la main gauche, que par une secousse subite, toute sa force agisse sur un seul point de la corde. Voyez la *Figure* 11. de la *Planche* 20, où la corde qui doit être rompuë au point L dans la main gauche, est marquée selon son cours, par les lettres R T S L M N O P Q, ne faisant qu'un tour dans la main droite, allant ensuite sous le pouce au milieu de la main gauche, ou se croisant sous une autre partie, elle revient en arriere sous le pouce en M ; ensuite elle entoure le dos de la main vers N, & passe ainsi par la gance en L vers O, & fait trois tours sur le petit doigt en P & Q ; celui-ci n'étant seulement que la gance, afin que N O ne s'en aille pas. Avant que de séparer les mains l'une de l'autre par une secousse, il faut fermer la main gauche, & tenir le pouce libre, de peur qu'en pressant contre le doigt suivant, il n'empêche la partie T L de la corde, de porter totalement la force au point L ; mais le petit doigt & celui qui le suit, doivent être tenus roides, pour retenir en place la gance N O.

Planche 20. Figures 3, 11.

L'usage des muscles qui étendent les jambes pour élever de grands fardeaux, est une pratique ordinaire parmi quelques-uns de nos Ouvriers, quoiqu'on n'y prenne pas garde, parce qu'elle se fait sans aucun *appareil*. Nous voyons les Cochers des carosses de louage sauter souvent de leurs siéges, & lever aisément avec leur dos leur carosse par-derriere, pour faire place à un autre, ou pour éviter quelque grand obstacle, quelque trou ou quelqu'autre inconvénient ; & ils font cela avec tant de facilité, que s'il y avoit quatre personnes dans le carosse, & trois ou quatre coffres derriere, ils ne ne penseroient pas qu'il en valût la peine d'en faire sortir aucune, ou d'ôter un de ces poids. Les Porteurs de Charbon au Quay de *Custom-*

NOTES sur V. Leçon.

hoisc, (nommés communément *Porteurs de la Compagnie*,) portent le poids d'un quintal & trois quarts de charbon, marchant fort vîte partout, quoiqu'à chaque voyage ils montent deux échelles, & souvent la longueur de la montée de *Saint-Dunstan*, qui est une ruë fort escarpée, & mal pavée, & souvent ils montent un ou deux escaliers avant que de décharger leurs charbons, & la plûpart font cette opération plus de soixante fois dans un jour : mais leur méthode est de se courber enforte que le sac porte principalement sur leur croupion, le tenant d'une main par-derriere à l'ouverture du sac, pour pouvoir plus promptement verser leurs charbons, pendant que l'autre main retient le sac pour l'empêcher de glisser en bas ; & cette posture facilite beaucoup l'action des muscles des reins, les extenseurs des jambes y étant alors principalement interessés.

Depuis que j'ai commencé à écrire ceci, j'ai été informé par des personnes dignes de foi, que les Portefaix en *Turquie* portent sept ou huit, & même quelquefois neuf quintaux sur l'extrémité inférieure de leur dos, ou plûtôt sur leur croupion, ne s'appuyant que sur un bâton en-devant, lorsqu'on les charge, pour soutenir leur corps, & sauver les muscles de leurs reins ; mais on peut aisément conjecturer que d'autres personnes doivent être fort attentives à leur mettre dessus la charge, & à les décharger.

Je crois que la force de la *tortuë* que les Soldats Romains formoient en se serrant ensemble avec leurs boucliers sur leurs têtes, étoit l'effet de quelque situation semblable de leurs corps : autrement ils n'auroient jamais été capables de supporter le poids des charriots qui montoient sur eux, comme quelques Historiens en font foi. En ce cas chaque homme, excepté ceux du premier rang, couvroit de son bouclier celui qui étoit avant lui, s'appuyant en même-tems sur le croupion de celui-là ; & lorsqu'ils se soutenoient ainsi contre le choc d'un combat, leurs muscles n'avoient d'autre fatigue que de tenir leurs genoux roides ; l'arc osseux déja décrit (*Planche* 20. *Figure* 6.) étant suffisant pour soutenir un poids beaucoup plus grand.

Planche 20. Figure 6.

Il y a plusieurs cas où il seroit d'un usage singulier d'employer la force d'un ou de plusieurs hommes, par le moyen de la ceinture, du crochet & de la chaîne, de la maniere qu'on l'a expliqué ci-dessus ; par exemple, lorsque la résistance est fort grande, mais que les corps qui résistent ne doivent être écartés que fort peu : si l'on éleve des marchandises fort pesantes à une petite hauteur, pour ôter quelque chose qui est en-dessous ; si l'on veut tirer un verrou ou une gâche, & qu'on ne puisse pas le faire même avec un levier de fer, la main le tirant en haut à son extrémité, alors le crochet de la ceinture étant appliqué à l'extrémité du levier, la force qui agira en roidissant les jambes, sera dix fois plus grande que celle dont les mains sont capables au même endroit sans un plus grand secours.

Planche 21. Figure 1.

Il peut aussi y avoir bien des occasions à bord d'un Navire. Je n'en donnerai qu'un exemple. Soit F G (*Planche* 21. *Figure* 1.) la mouffle destinée pour élever ou abaisser le grand perroquet, dont une partie est ici représentée par *m* 1, *m* 2, la poulie G est fixée en-dessous ; & comme celle F vient en bas, elle tire avec elle le cordage F B C, *m* 1 venant avec vîtesse au-dessus de la poulie B, (fixée en A) & autour de la poulie C

dans le talon du mât de perroquet, enſorte qu'elle tire en haut l'extrémité inférieure *M* 1 de ce grand perroquet, laquelle étant guindée à la hauteur qui lui convient, y eſt arrêtée par la verge de fer J qui la traverſe, & alors le propre poids du grand perroquet, & le trou D du grand mât, le tient en place. Suppoſons que la force requiſe pour élever de cette maniere ce mât, ſoit celle de ſix hommes qui tirent ſur le pont pour amener la mouffle, c'eſt-à-dire, par la corde F G K en K de l'autre côté du grand mât L *l*, maintenant pour abaiſſer ſubitement ce mât dans le cas d'un mauvais tems, on eſt obligé de ſe ſervir de la même mouffle & de la même puiſſance, quoiqu'il ne ſoit queſtion que de l'élever fort peu, afin qu'un homme puiſſe faire ſortir la cheville J, & faire enſuite tomber & gliſſer le mât en N à côté du grand mât. Je dis que ſi les mains ſont employées autrement de maniere qu'au lieu de ſix hommes, il n'y en ait qu'un ſeul à la corde K ; s'il a une forte ceinture à laquelle il puiſſe s'attacher, (ou ſe faire un arc de la corde même, en la fixant tout autour de la partie inférieure du dos, &c.) il agira avec beaucoup plus de force dans la direction G K que les ſix hommes dans la maniere ordinaire de tirer ; & s'il tire à lui (en s'aſſeyant ſur le pont, & pouſſant ſes pieds contre le premier obſtacle ſolide qu'il rencontrera, comme contre O P) ſeulement deux pouces de la corde K G, il élevera le grand perroquet de la troiſiéme partie d'un pouce, ce qui ſuffira pour en tirer la cheville de fer.

NOTES ſur la IV. Leçon.

N. B. *S'il faut plus de force pour cette opération, comme dans les grands vaiſſeaux, pluſieurs hommes peuvent tout-à-la-fois faire uſage des cordes autour de leurs corps, au lieu des ceintures, & les attacher toutes à différentes parties du retour de la corde des mouffles ; & pour avoir des points fixes, ils peuvent appuyer leurs pieds contre les marches de bois d'une échelle de poupe couchée ſur le pont, & attachée par un bout à un des verroux : car quoique dans ce cas chaque homme ne puiſſe pas appliquer autant de force qu'auroit fait un homme ſeul, parce que comme ils doivent être tous aſſis un peu à côté de la corde G K, leur traction doit être un peu oblique ; cependant cinq hommes dans ce cas feront fort aiſément le travail de quinze.*

8. [— *Toute la force par laquelle un homme tire*, &c. *Que l'on trouvera dans les Notes.*]

Pour éclaircir & confirmer ce que j'ai dit dans la Leçon, je joins ici une partie du Mémoire que M. *de la Hire* a donné à l'Académie Royale des Sciences en 1699, & qui a pour titre, *Examen de la force de l'homme pour mouvoir des fardeaux, tant en levant, qu'en portant & en tirant, laquelle eſt conſiderée abſolument & par comparaiſon à celle des animaux qui portent & qui tirent, comme les chevaux.* Dans lequel tous ſes raiſonnements ſont juſtes, quoique quelques-unes de ſes hypothéſes étant fauſſes, nous conduiſent à de fauſſes concluſions ; mais je les redreſſerai par les obſervations que j'ai faites.

» Je ſuppoſe premierement qu'un homme de taille médiocre, & qui eſt » fort, peſe 140 l. de notre poids. *

* La livre de France eſt entre un 11e, & un 12e, plus grande que notre livre Averdepoids.

Notes sur la IV. Leçon.

„ Je considére d'abord, qu'un homme tel que je viens de le supposer, „ ayant les deux genoux en terre, peut se relever, en s'appuyant seulement „ sur la pointe des pieds, & les deux genoux étant toujours joints ensemble; „ & comme cet effort se fait par le moyen des muscles des jambes & des „ cuisses, il est évident par la supposition que je viens de faire de sa „ pesanteur, que les muscles des jambes & des cuisses auront la force de „ lever 140 livres (*a*).

„ Mais un homme ayant les jambes un peu ployées, peut se redresser, „ quoiqu'il soit chargé du poids de 150 livres avec la pesanteur de son corps, „ qu'il éleve à même tems (*b*); en sorte que la force des muscles des jambes „ & des cuisses, peut élever un poids de 290 livres; sçavoir, 150 livres du „ poids dont il est chargé, & 140 livres du poids de son corps, lorsque l'éle- „ vation n'est que de 2 ou 3 pouces.

„ Un homme dans la supposition que nous avons faite d'abord, & comme „ nous le considérerons toujours dans la suite, peut aussi lever de terre un „ poids de 100 livres, lequel sera placé entre ses jambes, en ployant seule- „ ment le corps, & prenant ce poids avec les mains comme avec deux „ crochets, & en se redressant ensuite (*c*). D'où il suit que les seuls muscles „ des lombes ont la force de lever un poids de 170 livres, à sçavoir, les „ 100 livres du poids & 70 livres qui est la motié de sa pesanteur; car il „ doit non-seulement élever le poids de 100 livres, mais encore toute la „ partie supérieure de son corps depuis la ceinture, que j'estime du poids de „ 70 livres, puisqu'il s'étoit panché pour prendre le poids.

„ Pour ce qui est de la force des bras pour tirer ou pour élever un fardeau, „ on peut la supposer de 160 livres, ce qui dépend de la force des muscles des „ épaules & des bras; car si un homme prend avec les deux mains quelque „ corps fixe & placé au-dessus de sa tête, il pourra assez facilement par „ l'effort seul de ses bras élever tout son corps & même 20 livres de plus, „ comme s'il étoit chargé du poids de 20 livres: on en peut faire facilement „ l'expérience; car s'il y a un poids de 160 livres qui soit attaché à l'extré- „ mité d'une corde, laquelle passe par-dessus une poulie, & qu'un homme „ qui pese seulement 140 livres, tire l'autre extrémité de cette corde; il est „ évident qu'il ne pourra jamais élever le poids de 160 livres, puisque „ tout ce qu'il peut faire, c'est de le suspendre à cette corde, & le poids qui „ est attaché à l'autre extrémité pesant plus que lui, le tiendra suspendu; car „ la poulie n'est autre chose qu'une balance continuë à bras égaux: mais

(*a*) Les muscles des jambes & des cuisses sont beaucoup plus forts que M. *de la Hire* ne le suppose; comme on le voit par ce qu'on a dit au sujet des tours de force; & l'action par laquelle un homme se releve, les deux genoux étant joints, est bien éloignée d'etre la plus forte qu'un homme puisse faire en cette posture; car un homme peut porter un poids considérable, & se relever encore ayant les deux genoux en terre, quoique l'arc décrit par le centre de gravité soit un arc d'un bon nombre de dégrés.

(*b*) On voit communément à *Londres* des hommes qui se redressent chargés de 250 livres, qui est presqu'une fois plus que M. *de la Hire* n'a supposé; ainsi toutes les conséquences qu'il tire de cette supposition doivent être fausses.

(*c*) Les hommes qui travaillent élevent ordinairement 150 livres avec leurs mains, & quelques-uns 200 livres, mais ici l'excès de force des muscles des lombes n'est pas beaucoup plus grand que M. *de la Hire* le suppose, comme l'est celui des muscles des jambes.

„ ſi l'on charge cet homme du poids de 20 livres, il ſera alors équilibre avec le poids de l'autre côté, & pour peu qu'on ajoute au poids de 20 livres, il élevera le poids; puiſque les muſcles de ſes épaules & de ſes bras ont aſſez de force pour élever tout ce poids.

Notes ſur la IV. Lecon.

„ Quoique les muſcles de chaque partie du corps puiſſent faire de ſi grands efforts pour élever des fardeaux, on ne doit pas pour cela compter la force de l'homme par celle de tous ſes muſcles enſemble, quand même les eſprits qui font gonfler les muſcles qui ſervent au mouvement en general en ſe racourciſſant & en tirant les tendons des extrémités, pourroient ſe diſtribuer également dans toutes ces parties, & de la même maniére que dans une partie ſéparée, puiſque chaque partie ſert ordinairement de ſoutien à celle qui lui eſt jointe. Par exemple, les muſcles des bras & des épaules en ſe retirant peuvent élever un poids de 160 livres. Mais ſi le corps eſt panché, les bras ne pourront ſoutenir ce poids, à moins que les muſcles des lombes n'ayent la force à même tems de ſoutenir la partie ſupérieure du corps avec le poids dont il eſt chargé, & ſi les jarets étoient encore ployés, il faudroit alors que les muſcles des jambes & cuiſſes fiſſent encore un plus grand effort, puiſqu'ils devroient ſoutenir le poids de 160 livres, & à meme tems celui de tout le corps. D'où il arrive que dans cette diſpoſition de tout le corps, la force ſe diſtribue par la diſtribution des eſprits dans toutes les parties, ce qui fait qu'un homme ne pourra pas lever de terre un poids de 160 livres.

„ Ce n'eſt pas qu'il peut ſe rencontrer des hommes dont les eſprits coulent en ſi grande abondance & avec tant de rapidité dans leurs muſcles, qu'leur font faire des efforts triples & quadruples de l'ordinaire, & c'eſt à ce qu'il me ſemble la raiſon naturelle qu'on peut donner des forces ſurprenantes qu'on voit dans quelques hommes qui portent & qui élevent des fardeaux que deux & trois hommes enſemble auroient de la peine à ſoutenir, quoique ces hommes ſoient quelquefois d'une taille médiocre & paroiſſent à l'extérieur plûtôt foibles que forts. Il s'en eſt trouvé un depuis peu de tems dans ce pays-ci, qui portoit une groſſe enclume de Maréchal, à ce qu'on dit, & dont on rapporte pluſieurs actions d'une force merveilleuſe : mais j'en ai vû un autre à Veniſe, qui étoit jeune, & qui ne ſembloit pas pouvoir porter 40 ou 50 livres avec tous les avantages poſſibles, lequel étant monté ſur une petite table, élevoit de terre & ſoutenoit en l'air un âne par le moyen d'une ſangle large qui paſſoit par-deſſous le ventre de l'animal, & qui étoit attachée par ſes deux extrémités à des crochets qui pendoient au bout de deux petites treſſes faites de cordelettes & de peu de cheveux des deux côtés de la tête de ce jeune garçon, & toute cette grande force ne dépendoit que des muſcles des épaules & des lombes (*a*); car il ſe baiſſoit d'abord

(*a*) Ce qu'il attribue ici aux muſcles des lombes, eſt réellement l'effet des extenſeurs des jambes; car le jeune homme ſe baiſſant avec ſes mains ſur ſes genoux, ne tenoit pas ſon corps en avant & ſes genoux roides, mais le corps étoit droit & les genoux ployés, en ſorte que les deux cordes avec leſquelles il élevoit l'animal, étoient dans le même plan que les chevilles du pied & les têtes des os de la cuiſſe; par ce moyen la ligne de direction de l'homme & de tout le poids tomboit entre les parties les plus fortes de ſes deux

Notes sur IV. Leçon.

„ pendant qu'on attachoit les crochets à la sangle, & ensuite il se relevoit „ & élevoit l'animal hors de terre en appuyant ses mains sur ses genoux. „ Il élevoit encore de la même maniére d'autres fardeaux qui paroissoient „ plus pesans que cet animal, & il disoit qu'il y trouvoit moins de peine, „ à cause que l'âne se débattoit en perdant terre (*a*).

„ J'examine maintenant l'effort d'un homme pour porter un fardeau sur „ ses épaules, & je dis que le poids de ce fardeau peut être de 150 livres, „ & qu'il peut marcher avec cette charge assez facilement sur un plan „ horizontal, pourvû qu'il ne fasse pas de grandes enjambées, mais il ne „ pourra en nulle façon monter une montagne ou un escalier avec le même „ poids. Car l'action du marcher en portant un fardeau sur les épaules, „ doit être considérée comme le mouvement circulaire du centre de gravité

Planche 20. Figure 12.

„ C (*Planche* 20. *Figure* 12.) du corps & du poids joints ensemble sur le „ pied F qui avance comme pour centre de l'arc de mouvement ; l'effort „ des muscles de l'autre jambe qui agissent contre le point fixe D, ne „ servant qu'à pousser ce centre en avant ; & si l'arc CE que décrit ce „ centre est petit, l'effort de la jambe de derriére ne doit pas être grand „ pour le faire décrire, puisqu'il ne doit faire élever tout le fardeau du „ corps & du poids que de la quantité du sinus verse AB de la moitié de „ l'arc ; ce qui n'est pas considérable dans ce cas, par rapport à l'arc, qui „ est le chemin dont tout le fardeau avance.

„ Ainsi l'on voit qu'un homme bien chargé peut avancer d'autant plus „ facilement, qu'il fera plus de petites enjambées, puisque le sinus sera d'autant „ plus petit, & qu'il ne pouroit avancer en faisant des enjambées si grandes,

pieds qui la soutenoient ; alors à mesure qu'il étendoit ses jambes, il s'élevoit lui-même sans changer la ligne de direction. Comme j'ai observé ceux qui font de pareils tours, & que même je les ai éprouvé moi-même très-souvent ; je suis bien assuré que c'est de cette maniére que l'opération a été faite. Quant aux muscles des lombes, ils sont incapables de cet effort, étant environ six fois plus foibles que les extenseurs des jambes, au moins les ai-je trouvé tels dans moi même.

Vers l'an 1716. j'eus l'honneur de faire un grand nombre d'expériences en présence du feu Roy George I. Sa Majesté voulut sçavoir s'il y avoit quelque tromperie dans ces tours de force qu'avoit fait six mois auparavant un homme qui paroissoit à l'extérieur n'être pas plus fort que les autres hommes ; sur cela je fis placer un chassis de bois (tel que celui qui est représenté dans la 2e. *Figure* de la *Planche* 20.) & avec une ceinture & une chaîne j'élevai un cylindre de fer qui sert à applanir le jardin ; le soutenant aisément lorsqu'une fois il étoit élevé. Quelques Gentilshommes qui étoient presens, firent l'expérience après moi, & éleverent le rouleau, les uns avec plus de facilité, & les autres avec plus de peine que moi. Ce rouleau pesoit 1900 livres, à ce que nous dit le Jardinier. J'essayai ensuite d'élever 300 livres avec mes mains (sçavoir, deux sceaux contenant chacun 150 livres de vif argent) que j'élevai à la verité de terre, mais je fis un si grand effort que j'en ressentis sur mon dos de la douleur pendant trois ou quatre jours ; ce qui fait voir que dans la même personne les muscles des lombes (qui agirent avec toute leur force dans cette derniere expérience) sont au moins six fois plus foibles que les extenseurs des jambes ; car je ne sentis aucune incommodité pour avoir élevé le rouleau de fer.

(*a*) La raison pour laquelle l'âne en regimbant & s'agitant rend son poids plus incommode que si c'étoit un poids plus pesant, est que par un tel mouvement la ligne de direction vacille ; & comme elle va en avant & en arriére, les muscles des lombes sont forcés d'agir pour la ramener à sa place.

„ Q

» que l'effort de la jambe de derriere ne pût élever le fardeau du corps & » du poids de la quantité du ſinus verſe de l'arc qui ſera la moitié du » chemin.

Notes la IV. Leçon

» Il eſt auſſi facile à voir que ce même homme ne peut en nulle façon » monter un eſcalier ou une butte fort roide avec cette charge, puiſque, » ſuivant ce que nous avons expliqué ci-devant, l'effort des muſcles de ſes » jambes pouvant élever un poids de 150 livres ſeulement à 2 ou 3 pouces » de hauteur, il ne pourroit pas l'élever à 5 pouces qui font la hauteur » des marches ordinaires (*a*) ni monter une montagne, à moins qu'il ne » faſſe de ſi petites enjambées, qu'il ne s'éleve que de 2 ou 3 pouces à chacune. » Il ne me reſte donc plus qu'à conſidérer l'effort de l'homme pour tirer ou » pour pouſſer horizontalement (*b*). Mais pour rendre cette explication » plus claire & plus intelligible, je conſidere ſa force appliquée à la mani- » velle d'un rouleau dont l'axe eſt horizontal, & ſur lequel s'entortille une » corde qui ſoutient un poids, ayant poſé la diſtance depuis le centre du » rouleau juſqu'au coude de la manivelle, égale au demi-diamétre du » rouleau, afin de comparer la force appliquée ſans aucune augmentation » de la part de la machine, & je n'ai point auſſi d'égard aux frottemens de » l'axe du rouleau, ni à la difficulté que la corde peut avoir a ſe ployer.

» *Premierement*, il eſt évident que ſi le coude de la manivelle eſt placé » horizontalement, & qu'il ſoit à la hauteur des genoux environ, l'effort » de l'homme qui la releve en tirant, peut élever en même-tems le poids » de 150 livres, qui ſera attaché à l'extrémité de la corde, en prenant tous » les avantages poſſibles, puiſqu'il eſt le même que pour élever ce poids; ce » que j'ai expliqué ci-devant. Mais ſi c'eſt pour abaiſſer la manivelle, ſon » effort ne peut être que de 140 livres qui eſt le poids de tout ſon corps, » qu'il peut y appliquer en s'y appuyant, à moins qu'il ne ſoit chargé; » car alors il pourroit faire un plus grand effort.

» *Secondement*, ſi le coude de la manivelle eſt placé verticalement, & » qu'il ſoit à la hauteur des épaules, il eſt certain qu'un homme ne pourra » faiſe aucun effort pour la faire tourner, en la tirant ou en la pouſſant » avec les mains, ſi les deux pieds ſont l'un contre l'autre, & que le corps » ſoit droit qui eſt repreſenté dans la *Figure* 13. *Planche* 20, par la ligne » A P, & que la ligne des bras repréſentée par A M ſoit horizontale, & » faſſe un angle droit avec A P, puiſque dans cette poſition, ni la force de » tout le corps ou de ſes parties, ni ſa peſanteur, ne peuvent faire aucun » effort pour pouſſer ni pour tirer, ce qui eſt connu par la méchanique; » car je ne regarde la largeur des pieds, que comme un ſeul point P.

Planche 20. Figure 13.

(*a*) On voit par la pratique de ceux qui charrient des grains & de la farine dans des ſacs, que M. *de la Hire* a ſuppoſé la force des muſcles qui étendent la jambe & roidiſſent le pied trop petit; car ils montent aiſément les dégrés avec le poids de 200, & quelquefois plus de 250 livres, & ceux qui tranſportent le charbon des charrétes dans les maiſons, montent les dégrés avec le poids de 250. Il eſt vrai qu'ils ne peuvent pas deſcendre avec un ſi grand poids, comme ils peuvent monter.

(*b*) Tout ce qui ſuit dans cette diſſertation au ſujet de l'impulſion ou de la traction d'un homme eſt fort juſte; car on le tire mathématiquement du poids ſuppoſé, & cela ne peut qu'être vrai dans un homme qui peſe 140 livres.

Notes sur la IV. Leçon.

» Mais si la manivelle est plus haute ou plus basse que la hauteur des » épaules, alors la ligne qui va des épaules aux mains, qui est A M, & celle » qui va des épaules au bout des pieds, qui est ici A P, feront un angle » obtus ou aigu, & l'homme pourra avoir quelque force pour tirer ou » pour pousser la manivelle ; & cette force dépend de la seule pesanteur du » corps, qui est facile à connoître & à démontrer ; & l'on doit considérer » ce poids ou cette force comme réunie dans son centre de gravité qui est » à peu près à la hauteur du nombril en-dedans du corps. Je dis qu'il ne » faut avoir égard qu'à la seule pesanteur du corps pour déterminer » l'équilibre ; car l'effort des muscles des jambes & des cuisses ne sert que » pour conserver cet équilibre en marchant.

Planche 21. Figure 2.

„ Soit dans la *Figure* 2. *Planche* 21. la manivelle D à la hauteur des „ épaules A, & que le centre de gravité du corps soit en C, le corps étant „ fort incliné vers la manivelle, mais que le bout des pieds soit en P, il „ faudra considérer, 1°. Ce point P, comme le point d'appui d'un levier ou „ verge droite P C H, qui passant par le centre de gravité C de tout le „ corps, rencontre la ligne des bras M A au point H. 2°. Que ce point C du „ levier étant chargé du poids de tout le corps 140 livres avec sa direction „ naturelle, son extrémité H est soutenue avec la direction horizontale „ M A H ; d'où il sera facile de conclure par la méchanique quel effort „ la pesanteur du corps en C avec sa direction naturelle, peut faire sur la „ manivelle selon la direction horizontale D H.

„ Car premierement soit P H de 140 parties & P C de 80, puisque l'effort „ de tout le corps au point C est de 140 livres, il ne sera que de 80 livres au „ point H, comme si au point H, il y avoit un poids de 80 livres qui y fût „ suspendu avec sa direction naturelle qui doit être dans les suppositions que „ nous avons faites perpendiculaire à M A. C'est pourquoi si l'on mene au „ point d'appui P, la ligne P F perpendiculaire sur M A F, le poids de 80 „ livres en H avec sa direction naturelle sera à l'effort de ce même, selon „ la direction horizontale M A H sur la manivelle, dans la raison de P F „ à H F, ce qui diminue de beaucoup l'effort des 80 livres dans une „ médiocre inclinaison du corps A C B. Et si nous prenons, par exemple, „ que la ligne P C H fasse avec M A F l'angle P H F de 70 dégrés, la „ ligne du corps A C B sera alors inclinée à l'horizon, ou avec M F d'un „ angle de plus de 60 dégrés, qui est tout au plus l'inclinaison où le „ corps peut être pour pouvoir marcher, & le sinus de 70 dégrés qui est „ P F sera au sinus de son complement qui est H F, comme 3 à 1 à très- „ peu près, & par conséquent l'effort des 80 livres en H selon la direction „ naturelle ne sera à celui qu'elles font selon la direction horizontale que „ du tiers de 80 livres, qui est un peu moins que 27 livres.

„ Ceux qui n'ont pas fait l'expérience de la force d'un homme pour pousser „ horizontalement avec les bras, ou pour tirer une corde horizontale en „ marchant, le corps étant incliné en-devant, soit que la corde soit attachée „ vers les épaules ou au milieu du corps (car l'effort n'en sera pas plus grand „ dans la même inclinaison du corps, puisque le sinus d'inclinaison & de „ son complement sont toujours dans la même raison) ne sçauroient se

» perſuader que toute la force d'un homme ſe réduiſe à tirer ſeulement » 27 livres avec une direction horizontale.

» Ce n'eſt pas qu'un homme étant panché ne puiſſe ſoutenir un poids » beaucoup plus grand que 27 livres, puiſque ſi la ligne P H faiſoit avec » H F un angle de 45 dégrés, il eſt certain que le poids du corps ſou- » tiendroit 80 livres ; mais comme il ſeroit panché ſelon une ligne comme » B A qui ſeroit beaucoup plus inclinée vers l'horizon que 45 dégrés, il eſt » certain que bien loin de pouvoir marcher, à peine pourroit-il ſe ſou- » tenir.

» La même démonſtration ſert auſſi à faire connoître qu'un homme aura » beaucoup plus de force à tirer en marchant à reculons qu'en-devant. Car dans » cette ſituation du corps, la ligne P C H dans la 3e *Figure*, laquelle paſſe » du bout des pieds P par le centre de gravité C, & d'où dépend l'augmen- » tation de la force, ſera toujours plus inclinée à l'horizon que la ligne du » corps A C B, tout au contraire de ce qui étoit dans la poſition préce- » dente.

» Mais cette maniére de tirer ne ſçauroit être miſe en uſage, à moins » que ce ne ſoit pour tirer une corde, l'homme demeurant toujours dans la » même place ; auſſi l'on ne manqueroit pas de ſe mettre dans cette » poſition en ce cas ; car la nature & l'expérience nous ont enſeigné à » prendre tous les avantages poſſibles dans les opérations ordinaires.

» C'eſt auſſi pour cette même raiſon que nos Mariniers, & généralement » tous ceux qui rament ſur mer, tirent toujours les rames de devant en » arriére ; car ils ont beaucoup plus de force que s'ils les pouſſoient en-devant, » comme font ceux qui menent les gondoles de Veniſe, dont je ne vois » pas d'autre raiſon que celle de voir le lieu où ils vont ; ce qui leur eſt » beaucoup plus néceſſaire que la grande force, à cauſe des détours très- » frequens qu'ils ſont obligés de faire dans les canaux, & pour éviter de ſe » rencontrer les uns les autres.

9. [— *Il faut qu'il y ait une vîteſſe ſuffiſante, &c.*] Si on ne donnoit pas à la main qui doit tourner la manivelle une vîteſſe plus grande que celle que j'ai ſuppoſée, elle ne communiqueroit pas aſſez de mouvement depuis la partie avantageuſe juſqu'à la partie deſavantageuſe de la révolution, pour rendrre un homme capable d'élever 30 livres avec la même vîteſſe qui eſt communiquée à la main ; il faut donc tellement arranger les choſes que la vîteſſe de la main croiſſe au moins d'un ſixiéme, mais alors elle ne pourra porter que 25 livres en ſe mouvant ainſi plus vîte, & cependant elle fera autant d'ouvrage dans un jour que ſi l'autre méthode avoit été praticable. Et même dans pluſieurs autres cas il ne faut pas negliger de donner à la main un tiers de plus de vîteſſe, & de ne la charger que de 20 livres, ſur tout ſi l'on ſe ſert d'un volan, & plus le cercle décrit par le volan eſt grand, plus la force ſera diſtribuée également. Ce travail ainſi reglé peut ſe continuer dix heures par jour ſans fatiguer celui qui travaille.

10. [— *Le travail journalier des Portefaix de Londres, &c.*] Au quay

NOTES ſur la IV. Leçon

NOTES sur la IV. Leçon.

de la *Douane*, & dans plusieurs autres Quays, on voit les grands poids qui sont enlevés par les Portefaix employés à porter les marchandises sur les vaisseaux, & à les en tirer; il y en a qui portent de si grands fardeaux, qu'un cheval périroit bien-tôt, s'il étoit chargé d'un si grand poids. Ceux qui travaillent pour les Marchands de *Fromage*, à tant par *tonneau*, portent communément le poids de trois cens livres de fromage à chaque voyage, & travaillent tout le long du jour.

11. [*Les chevaux vigoureux*, &c.] Si l'on met sur le dos d'un cheval une trop grande charge, on risque de le blesser; c'est pour cela qu'on ne les charge pas beaucoup ordinairement. On dit que les Peletiers chargent leurs chevaux plus que les autres Marchands; mais ils mettent sur leurs dos & sur leurs hanches plusieurs peaux, afin qu'ils ne soient pas trop serrés : j'ai oui dire qu'ils y mettent quelquefois le poids de 4 ou 500 livres; mais alors les chevaux vont fort lentement. Le meilleur parti qu'on puisse tirer d'un cheval, est de le faire tirer; & ceux qui font le plus d'ouvrage, sont ceux qui portent de grands poids sur des charrétes dont les roues sont fort hautes, (les chevaux d'ailleurs étant de haute taille) à la montée de Saint *Dunstan* à l'*est*, où un Charretier charge quelquefois sa charréte du poids de 2000 livres, & la fait traîner par un cheval au haut de la colline; mais dans tous les endroits difficiles, l'homme porte ses épaules sous la charréte, de maniere qu'il décharge considérablement le cheval, qui ne pourroit pas tirer en haut ce poids sans ce secours, & le cheval y est si sensible, qu'il n'employe toute sa force que lorsqu'il voit que son Maître vient le secourir.

J'ai promis dans la quinziéme *Note* de la seconde Leçon, de donner un détail des voitures de M. *Allen* à *Bath*, & comme je viens de le recevoir d'un ami bien versé dans la méchanique & dans le dessein, qui a pris toutes les mesures & figures sur les lieux, j'ai cru qu'il étoit à propos de le communiquer ici, après avoir examiné dans cette Leçon la nature des voitures.

Description des Voitures dont se sert M. Ralph Allen, *Ecuyer, pour transporter la pierre de ses Carrieres, situées au haut d'une Colline, au Quay de la Riviere* Avon, *auprès de la Ville de* Bath. *Par* Charles de Labelye.

Ces Carrieres sont éloignées de la Riviere d'un mille & demi, & à environ 500 pieds au-dessus du niveau de sa surface; ce qui forme une pente si roide, que la modicité du prix de la vente des pierres pourroit à peine défrayer les frais du transport, si on n'avoit pas trouvé une voiture convenable, telle que celle que l'on va décrire, & qui sera d'un grand secours pour perfectionner certaines voitures & charriots dont on fait usage dans les mines de charbons de pierre auprès de *Newcastle*.

1. *Figure. Planche* 21, représente cette voiture en perspective, telle

qu'on la voit à la distance de 12 pieds depuis la roue gauche de celles de devant, la hauteur de l'œil étant d'environ 6 pieds. Le plan géométral a été tracé sur une échelle de 20 pour un pouce ; c'est-à-dire, que chaque vingtiéme d'un pouce, répond à un pouce de la machine. NOTES la IV. Leçon.

2. *Figure* 5. représente l'élevation de l'un des côtés de cette voiture, lorsque l'on voit une roue de devant, & une roue de derriere de ce côté-là, sur une échelle de 20 pour un pouce.

3. *Figure* 1. *Planche* 22. représente l'élevation de la partie de derriere des voitures, avec les ouvrages de fer employés pour arrêter les roues, le profil des roues & de l'aissieu, avec les coupes des planches des côtés & du chassis que les roues portent, le tout sur une échelle de 10 pour un pouce.

4. PAR la considération de ces trois Figures, on voit que cette voiture est composée d'un fonds solide de planches (de chêne), large de trois pieds & demi, & long d'environ 13 pieds, fortifié au-dessus par plusieurs membres, pour le défendre contre les pierres qu'on y met, & arrêté sur quatre poutres du même bois, d'environ 4 pouces en quarré, & de 14 pieds de longueur.

5. A six pouces loin des extrémités, sont arrêtés le côté de devant & le côté de derriere, fortement attachés aux poutres & au fonds par plusieurs vis & écrouës. Voyez la *Figure* 4. *Planche* 21. & *Figure* 1. *Planche* 22.

6. A ces deux extrémités on peut dans l'occasion arrêter deux côtés composés de planches de treize pieds de longueur, qui se placent dans le côté des poutres extérieures par le moyen des *crochets* & des *anneaux*, & qui se tiennent droites par le moyen des loquets, comme on voit dans les *Figures* 4. & 5. *Planche* 21. & 1. *Planche* 22. Ces côtés sont aussi mieux liés par une chaîne qui traverse la voiture par le milieu.

7. A angles droits sous ces poutres, à une distance convenable, sont attachés deux fortes pieces de charpente, par le moyen de deux grandes vis & écrouës.

8. DANS ces pieces bien fortifiées & liées avec du fer, dans l'endroit où est leur plus grande force, on place à chaque bout deux pieces de cuivre demi-cylindriques, pour servir comme de collier pour les arbres des roues, qui étant bien graissés, roulent avec fort peu de frottement.

9. IL y a aussi sous les quatre poutres (dont j'ai déja fait mention) une autre piece de charpente d'environ 6 pouces sur 4 qui leur est bien attachée à angles droits, & à la distance marquée dans la *Figure* 5.

Cette piece sert comme de point fixe pour placer un levier qui arrête (ou empêche de tourner) la roue de derriere, en pressant dessus.

NOTES sur IV. Leçon.

10. L'ARBRE a environ 3 pouces de diametre. Voyez *Planche* 22. *Figures* 1. & 2. L'une de ſes extrémités eſt quarrée, & l'autre ronde, & les roues ſont placées alternativement ſur ces deux bouts ; c'eſt-à-dire, que la roue de devant qui eſt à main droite, eſt ſur le bout quarré, & celle qui eſt à gauche eſt ſur le bout rond, pendant que la roue de derriere qui eſt à droite, eſt ſur le bout rond, & celle qui eſt à gauche ſur le bout quarré de l'arbre ; par ce moyen chacune des roues peut s'arrêter ſéparément : car lorſque la roue placée ſur le bout rond eſt arrêtée, l'autre tourne avec l'arbre en-dedans de celle-là ; & lorſque la roue qui eſt au bout quarré eſt arrêtée, l'autre ne laiſſe pas de tourner à l'ordinaire ſur l'arbre, qui eſt alors immobile.

11. CES roues ſont de fer fondu d'environ 20 pouces de diametre, & ont un bord de 6 pouces de large auprès de la voiture, qui les empêche de ſortir du chaſſis de bois de chêne ſur lequel elles ſe meuvent. On voit leur plan & leur profil dans la *Figure* 5. de la *Planche* 21. & *Figure* 1. de la *Planche* 22. avec leurs coupes, tant pal eurs rais (ou rayons), qu'entre deux de ces rais, dans les *Figures* 3. & 4. *Planche* 22.

12. VOICI de quelle maniere on ferme & on ouvre les roues : lorſqu'il faut arrêter l'une des roues de derriere, on place un fort levier à l'extrémité de la piece de charpente (décrite dans le paragraphe 9.) auprès de la roue que l'on veut arrêter ; & après l'avoir fait paſſer par une gance de fer pour le mieux affermir, on y frape au-deſſus de l'extrémité une chaîne qui vient d'un rouleau que l'on voit dans la *Figure* 5. *Planche* 21. & *Figure* 1. *Planche* 22. & par le moyen d'une courte barre de fer, & d'un *crochet* & d'un *loquet* qu'on voit dans les *Figures* 5. & 6. de la *Planche* 22. un de ceux qui conduiſent la voiture ſuffit pour arrêter promptement la roue, ſoit en partie, ou entierement. Pour la dégager, il ſuffit d'élever l'extrémité du *loquet* que l'on fait un peu long à ce deſſein ; car alors le levier ne preſſant plus, la chaîne ſe détache, & l'on ôte le levier de la charrete, pour ſervir dans une autre occaſion. On a deux leviers, l'un pour chaque roue de derriere.

13. ON arrête les roues de devant par le moyen d'un verrou de fer quarré & épais, que l'on voit dans la *Figure* 5. *Planche* 21. qui ſort en-dehors dans la direction de l'arbre entre les rais des roues de devant. Ces verrous ſont pouſſés en avant pour arrêter les roues, & tirés en arriere pour les dégager ſéparément par le moyen d'une invention dont on voit une partie dans la *Figure* 5. de la *Planche* 21. & premiere de la *Planche* 22. vers le milieu du côté de derriere, il y a deux verges de fer (on en voit une dans la *Figure* 6. *Planche* 22.) qui tournent ſéparément dans le quarré d'un aiſſieu. Lorſque l'une de ces verges eſt tirée par la main de ſa poſition verticale, pour venir à une poſition horizontale, la verge de fer que celle-ci ſaiſit par ſon bout inférieur, eſt pouſſée en avant de quatre ou cinq pouces ; & par le moyen de l'invention que l'on voit dans les *Figures* 1, 2, 3, 4 de la *Planche* 23, elle pouſſe le verrou quarré entre les rais.

Lorſque la roue doit être dégagée, on tire ce verrou en arriere dans ſa premiere poſition, en remettant la verge de fer à ſa premiere ſituation verticale, comme dans la *Figure* 1. de la *Planche* 22. Comme ces voitures ſont chargées d'un grand poids de pierres, (ſouvent au-delà de quatre tonneaux) lorſqu'elles viennent à deſcendre la colline, toutes les inventions expliquées ci-deſſus ſeroient inutiles, & ce grand poids enfonceroit la voiture trop avant dans la terre, ſi l'on ne plaçoit des pieces de chêne tout le long du chemin où ces voitures doivent paſſer. On les voit aſſez clairement dans les *Figures* 4. & 5. de la *Planche* 21. & *Figure* 1. de la *Planche* 22.

Quoique ces voitures ſoient fort peſantes, même lorſqu'elles ſont vuides, cependant par le moyen du chaſſis ſur lequel elles ſe meuvent, & du peu de frottement que les aiſſieux ſouffrent en roulant ſur des colliers de bronze, non-ſeulement deux chevaux les tirent fort aiſément au haut de la colline, lorſqu'elles ſont vuides, mais ils les tirent encore le long de la plaine, lorſqu'elles ſont beaucoup chargées. Auſſi-tôt qu'elles ſont arrivées au ſommet de la montagne, on retire les chevaux, & on arrête une ou pluſieurs roues, le Charretier ſe tenant derriere pour moderer le mouvement autant qu'il le juge à propos.

Lorſque les voitures ſont arrivées au bord de la riviere, & qu'elles ont été déchargées, on change les chevaux d'un bout à l'autre, enſorte que la partie de la voiture qui étoit en-devant lorſqu'elle deſcendoit, ſe trouve derriere en montant ſur la colline, ce qui épargne la peine de tourner avec ces roues.

Ces voitures ſont chargées aux carrieres, & déchargées au bord de la riviere, par le moyen d'une grue fort bonne & bien imaginée, qui eſt décrite fort au long par le Docteur J. T. Deſaguliers, dans ſon *Cours de Phyſique Expérimentale*, Leçon III. Note 15.

N. B. *M. Allen, à qui j'ai l'obligation de la deſcription détaillée & du deſſein de ces voitures, m'a dit que l'une étant entierement finie, & prête à ſervir, lui revenoit à environ* 30 *livres ſterlings : j'ai cru qu'il étoit à propos d'en faire mention ici, comme d'un prix fort raiſonnable, eu égard à la bonté de toutes les pieces qui ſont très-bien travaillées.*

Quoique la deſcription de M. *Labelye* ſoit fort intelligible, & ſes Figures extrêmement bien faites, cependant pour rendre le tout encore plus clair, j'ai ajouté des lettres aux Figures, avec les rapports qui ſuivent.

Relations à la Figure des Voitures de M. Allen, *& à leurs différentes parties.*

Planche 21. *Figure* 4.

AB CDJJJJHFE. Le corps & le fonds de la voiture, ſans les deux côtés, qui s'y mettent par occaſion dans la place BDHF, & s'y attachent par le moyen des crochets *ggg*, & des loquets *ef*.

NOTES sur la IV. Leçon.

JJJJ les pieces qui traverſent le fonds pour le fortifier.

M N, pieces fortes de charpente ſous le fonds.

K, piece qui traverſe ſous le fond, & qui a une gance de fer à la tête pour recevoir l'extrémité d'un levier, qui preſſe ſur la roue de derriere L 2, afin de l'empêcher de tourner, lorſque le mouvement eſt trop rapide.

L, L 1, L 2, trois des quatre roues dont la quatriéme ne peut pas ſe voir dans cette poſition de la voiture. Leurs circonférences ont un rebord en-dedans, afin que le reſte puiſſe porter ſur la piece de charpente, ou route du charriot.

H, un rouleau de fer, ou la chaîne pour retenir le levier qui arrête à meſure qu'il preſſe ſur la roue de derriere.

O, O 4, O 1, &c. le chemin du charriot, ou les poutres paralléles placées pour y faire rouler les voitures par leurs propres poids.

Figure 5.

F H D B, le côté gauche de l'une des voitures, arrêté par le moyen des crochets en *g g g g*, & des loquets *e*, *f*, que l'on voit dans la quatriéme Figure.

L, roue de devant, avec un trou rond dans le moyeu, pour y recevoir l'extrémité de l'aiſſieu qui paſſe par la piece de charpente P. On tire le verrouil P dans un autre endroit de cette piece entre les rais, pour empêcher la roue de tourner, lorſqu'il faut arrêter le mouvement.

H P, une verge de fer pouſſée de derriere en avant, pour arrêter avec le verrouil la ſuſdite roue de devant.

L 2, une roue de derriere arrêtée ſur l'aiſſieu, & tournant avec cet aiſſieu, qui traverſe la piece de charpente Q. L'extrémité de cet aiſſieu doit être quarrée à ce deſſein.

R K, un levier dont l'extrémité paſſe par un œil de fer, ſur la piece de charpente K, où eſt ſon centre de mouvement, avec une piece circulaire *q q*, pour preſſer la partie ſupérieure de la roue L 2, afin de l'empêcher dans l'occaſion de tourner avec l'aiſſieu.

N, un rouleau ſur lequel eſt attachée la chaîne H R, qui tire en bas l'extrémité du levier en R, & qui le retient dans ſa place pour preſſer fortement ſur la roue en *q q*.

O 2, O 1, la route du charriot qui ſupporte la partie la plus forte de la circonférence de la roue, pendant que le rebord ou la grande circonférence de chaque roue, tombe en-dedans de la poutre, afin que la voiture ne puiſſe pas ſauter, ou courir hors du chemin.

Planche 22. Figure 1.

CETTE Figure tracée ſur une plus grande échelle, (ſçavoir de 10 pouces pour un pouce) fait voir l'élevation de la partie de derriere de l'une des voitures, avec le profil des roues, &c.

F H G E, derriere de la voiture, appuyée ſur quatre poutres dont on voit ici les extrémités.

f g

NOTES sur la IV. Leçon.

fg, *eg*, extrémités des côtés accrochés en *g*, *g*, & arrêtés par des verrous en *f*, *e*.

ffhri & *Ghri*, un rouleau avec sa clef, son rochet & son loquet pour recevoir la chaîne qui tire en bas le levier. La chaîne passe sur la partie H ou G, on voit en *h*, *h* les trous pour tourner l'aissieu du rouleau, avec une petite barre, le rochet en *ii*, & son loquet en *r*, *r*.

lk, *lk*, deux barres perpendiculaires de fer, dont les extrémités inférieures *kk*, poussent chacune en avant une barre horizontale, (qui n'est pas représentée ici, mais que l'on voit dans la derniere Figure en H*p*) pour arrêter l'une des rouës de devant en particulier, ou toutes les deux à la fois.

L 2, L 4, les profils des deux rouës de derriere, avec leurs rebords *mm*, *mm*, & les parties qui portent *nnn*, *nnn*; la rouë à main gauche reçoit l'extrémité quarrée de l'aissieu Q, dans un trou quarré, ensorte qu'elle tourne avec lui, & la rouë à main droite a un trou rond, pour recevoir l'extrémité de l'aissieu en P, qui est aussi ronde; ensorte que cette rouë peut tourner sans que l'aissieu P S Q tourne avec elle.

O 3, O 4, marquent la coupe des poutres ou chemins du charriot, où l'on peut voir de quelle maniere les rouës passent sur ces poutres en *nn*, *nn*, pendant que les rebords *mm*, *mm*, descendent pour retenir la voiture en sa place.

Q 1, P 1, les poutres traversieres, à travers lesquelles passent les aissieux de fer des voitures, lesquelles sont attachées par en haut sous les voitures avec des vis & des écrouës représentées par des lignes ponctuées.

Figure 2.

ELLE représente un des aissieux de fer S, dont le bout Q à main droite est quarré, & l'autre bout à main gauche est rond, avec un trou pour la cheville en chaque bout.

Figure 3.

ELLE marque la coupe de la rouë de derriere au côté gauche, ou de la rouë de devant au côté droit, avec un trou quarré Q, l'extrémité de la circonférence de la rouë *nn*, & celle du rebord *mm*.

Figure 4.

ELLE marque la rouë à main droite de derriere, ou celle à main gauche de devant, marquée des mêmes lettres, excepté P, qui marque le trou rond pour recevoir l'extrémité ronde de l'aissieu.

Figure 5.

ELLE marque le loquet *r*, & le rochet *i*.

NOTES sur la IV. Leçon.

Figure 6.

ELLE marque une des verges perpendiculaires de la Figure 1. dont le manche eſt en *l*, & le bas ou le bout ouvert ſert à joindre une des barres horizontales, qui ferment un verrouil entre les rais de l'une des rouës de devant.

Planche 23. Figure 1.

CETTE Figure repréſente la partie ſupérieure de la poutre ſous la voiture entre les rouës de devant; l'aiſſieu paſſe par la partie inférieure de ſes extrémités, & c'eſt dans l'intérieur de cette poutre que ſe trouve le méchaniſme, pour arrêter les rouës de devant, où l'on voit les deux loquets A B & C D, qui peuvent être tirés ſéparément en-dehors à main droite, ou à main gauche dans une gâche quarrée P ou Q, & s'appuyant ſur l'une des vis qui traverſent la poutre *e f*, E F ou *g h*, G H, par le moyen des barres horizontales J K déja décrites, dont une paroît dans la cinquiéme Figure de la Planche 21, marquée H*p*, & dont on voit les bouts de chacune dans cette Figure. Le verrouil A B d'un côté eſt repréſenté fermé entre les rais de la rouë, & l'autre eſt dans ſa place ordinaire, lorſqu'il ne touche pas la rouë. N. B. *Lorſqu'on tire en arriere la barre* L J, *on dégage* B A, *par le moyen du coude* L N B; *& pouſſant en avant la barre* K M, *on engage* C D *par le moyen du coude* M N C.

Figure 2.

LA ſeconde Figure repréſente un bout de la poutre, ou la coupe du méchaniſme qui fait mouvoir les verroux par une ſection faite ſur l'un des verroux, & à angles droits ſur l'aiſſieu en A, où l'on voit le trou P ſur l'aiſſieu, & où les lignes ponctuées E F, marquent la tige de la vis ſur laquelle le verrouil gliſſe à meſure qu'il ſort de ſa gâche.

Figure 3.

LA troiſiéme Figure repréſente le coude rectangulaire, tel que B N L ou C N M de la *Figure* 1. *Planche* 23. où l'on voit le centre du mouvement autour de la cheville N, le bout L recevant l'extrémité de la barre horizontale qui pouſſe le coude, & le bout B reçoit l'extrémité du verrouil pour le pouſſer en-dehors, comme en B, *Figure* 1. ou le tirer en-dedans, comme en C dans la même Figure.

Figure 4.

LA Figure 4. repréſente la machine de fer qui eſt au bout de la poutre en J J J, avec les trous pour les chevilles qui la traverſent, le verrouil A B, & la gâche P.

Avant que de commencer la Leçon ſuivante, je crois qu'il eſt à propos de

donner le détail de ce que j'ai appris de la force naturelle d'un homme qui vit à présent ici à Londres, *& de rapporter plusieurs effets surprenants de sa force. J'aurois dû donner ce détail dans la septiéme Note ; mais je n'ai pas voulu le faire sur le rapport d'autrui ; j'ai voulu m'en instruire par moi-même, & je ne l'ai fait que depuis que la derniere feuille a été imprimée.*

NOTES sur la IV. Leçon.

Thomas Topham, né à *Londres*, & maintenant âgé d'environ trente-un ans, de cinq pieds dix pouces de haut, avec des muscles très-forts, & qui paroissent en-dehors, avoit pris le métier de *Charpentier*, & il ne l'a quitté que depuis les six ou sept dernieres années, qu'il a employées à faire voir des tours de force ; il ignore entierement l'art de faire paroître sa force plus surprenante : & même il fait quelquefois des choses qui deviennent plus difficiles par sa situation desavantageuse ; tentant & faisant souvent ce qu'on lui dit que les autres hommes forts ont fait, mais sans profiter des mêmes avantages.

Il y a environ six ans qu'il tira contre un cheval, étant assis à terre avec ses pieds contre deux troncs d'arbre plantés dans la terre, mais sans les avantages représentés par la *premiere Figure*, *Planche* 19. Car le cheval tirant contre lui, l'éleva à un angle considérable, tel qu'il est représenté dans la seconde Figure de cette Planche, où *h* N est la ligne de traction, qui produit l'angle de traction N *h* L : & alors sa force ne fut plus employée qu'à tenir ses jambes & ses cuisses droites, de sorte qu'il les fit agir comme le long bras d'un levier recourbé, représenté par L*h* ; le tronc de son corps étoit comme un poids à l'extrémité *h* de ce levier, & le cheval tiroit contre ce poids, appliquant sa puissance à angles droits à l'extrémité *l* du bras le plus court de ce levier, le centre du mouvement étant en L au bas du tronc d'arbre L*o*, (car de tirer obliquement par une corde attachée en *h*, c'est la même chose que de tirer par un bras de levier en *l* L, parce que *l* L est une ligne abaissée perpendiculairement du centre du mouvement sur la ligne de direction *h* N, par la Note 5. sur la 3e. Leçon) & le cheval n'étant pas assez fort pour élever le poids de l'homme avec ce desavantage, il crut qu'il étoit dans la situation convenable pour tirer contre un cheval ; mais lorsque dans la même situation il voulut tirer contre deux chevaux, il fut enlevé de sa place, & porté en haut ; un de ses genoux heurta contre un tronc d'arbre, qui le maltraita si fort, que même aujourd'hui la rotule ou *patella* en est ébranlée de maniere, que ses ligaments paroissent en être rompus, ou entierement relâchés, ce qui lui a fait perdre la plus grande partie de la force de cette jambe.

Mais s'il s'étoit assis sur un chassis tel que celui qui est représenté dans la *premiere Figure*, *Planche* 19, il auroit (eu égard à sa force) conservé sa situation contre le tirage de quatre chevaux robustes, sans le moindre inconvénient.

Voici les tours que je lui ai vû faire il y a quelques jours.

1. PAR la force de ses doigts (qui n'étoient frottés que de cendres de charbon pour les empêcher de glisser) il roula un grand plat d'étain qui étoit très-fort.

2. IL brisa sept ou huit pieces courtes & fortes de pipes de tabac par

Notes sur la IV. Leçon.

la force du doigt du milieu, en les appuyant sur le premier & troisiéme doigt.

3. Ayant insinué sous sa jarretiere le fourneau d'une forte pipe à fumer, ses jambes étant tenduës, il la mit en pieces par les tendons de ses jarrets, sans altérer la tension de sa jambe.

4. Il brisa de même un autre fourneau de pipe entre son premier & son second doigt, en pressant ses doigts ensemble par côté.

5. Il éleva avec ses dents une table longue de six pieds qui portoit à son extrémité le poids suspendu d'un demi quintal, & il la tint dans une position horizontale pendant un tems considerable. *Il est vrai que le pied de la table étoit appuyé contre ses genoux; mais comme la longueur de la table étoit beaucoup plus grande que sa hauteur, cette opération demandoit une grande force qui devoit agir par les muscles de ses lombes & de son cou, & par le* masseur *& le* temporal, (*qui sont les muscles des machoires*) *outre la force de la denture.*

6. Il prit un fourgon de fer de cuisine long d'environ une verge, & de trois pouces de circonférence; & le saisissant de la main droite, il l'appuya sur son bras gauche nud, entre le coude & le poignet de maniere qu'il le plaia presqu'à angles droits.

7. Il prit un autre fourgon semblable; & le tenant par les deux bouts avec ses mains, il l'appuya par le milieu contre le derriere du cou, & en ramena les deux bouts ensemble par-devant; & ce qui étoit encore plus difficile, il le redressa encore presque entierement: car les muscles qui séparent les bras horizontalement l'un de l'autre, ne sont pas si forts que ceux qui les réunissent.

8. Il rompit une corde d'environ deux pouces de circonférence, qui étoit en partie roulée autour d'un cylindre de quatre pouces de diametre, en ayant attaché l'autre bout à des bandes de cuir passées sur ses épaules; mais il employa plus de force à cela, que dans tous ses autres tours, à cause de son peu d'adresse dans cette occasion: car la corde plioit, & s'étendoit à mesure qu'elle étoit sur le cylindre, ensorte que lorsque les extenseurs des jambes & des cuisses avoient fait leurs fonctions, en redressant les jambes & les cuisses, il étoit forcé d'élever ses talons, qui ne portoient plus, & d'employer d'autres muscles qui étoient plus foibles; mais s'il avoit tellement fixé la corde, que la partie qui devoit être rompuë eût été fort courte, (de la maniere expliquée dans la septiéme Note de cette Leçon) elle auroit été rompuë avec quatre fois moins de difficulté.

9. Je l'ai vû élever avec ses mains seules un rouleau de pierre d'environ 800 livres, se tenant debout dans un chassis au-dessus, & saisissant une chaîne qui étoit attachée à la pierre. Par-là je compris qu'il étoit à peu-près aussi fort qu'aucun de ceux qui sont regardés communément comme les hommes les plus forts; car ils ne portent ordinairement pas plus de 400 livres

de cette maniere. Les hommes les plus foibles, qui ſe portent bien ſans être trop gras, élevent environ 125 livres, ayant à peu-près la moitié de la force des hommes les plus forts. NOTES ſur la IV. Leçon.

N. B. *Cette ſorte de comparaiſon ſe rapporte principalement aux muſcles des lombes, parce que dans cette action on doit ſe pancher un peu en avant. Il faut auſſi ajouter le poids du corps à celui qui eſt élevé. Enſorte que ſi le corps de l'homme le plus foible, peſe* 150 *livres, les ajoutant à* 125, *tout le poids qu'il élevera ſera de* 275 *livres. Or ſi le corps de l'homme le plus fort peſe auſſi* 150 *livres, tout le poids qu'il élevera ſera de* 550 *livres, c'eſt-à-dire* 400 *livres, & le poids de ſon corps* 150 *livres.* Topham *peſe environ* 200 *livres, qui ajoutées à* 800 *livres qu'il éleve, font* 1000 *livres. Mais il devroit élever* 900 *livres, outre le poids de ſon corps, pour être auſſi fort qu'un homme qui peſe* 150 *livres, & qui en leve* 400.

Maintenant comme tous les hommes ne ſont pas forts proportionnellement dans toutes leurs parties, mais que quelques-uns ſont plus forts dans les jambes & d'autres dans le dos, ſelon le travail & l'exercice qu'ils font, on ne peut pas juger de la force d'un homme uniquement par le poids qu'il éleve; mais on peut trouver une méthode pour comparer enſemble la force de différens hommes dans les même parties, & cela ſans violenter les perſonnes qui en font l'expérience.

Voici la maniére de faire cette épreuve, laquelle m'a été communiquée par Richard Graham, *Ecuyer de la Societé Royale, à laquelle j'ai fait quelques petites additions. Mais la premiere idée vient de M.* Geo. Graham.

Planche 23. Figure 5.

Planche 23. Figure 5.

A B C D eſt une forte charpente de bois avec un trou qui traverſe la piéce verticale D C en D, aſſez gros pour recevoir une barre cylindrique de fer d'un pouce de diamétre ou un peu plus groſſe : on fixe à chaque côté une forte plaque de fer, afin que le fer ne puiſſe pas gâter le trou. Cette barre porte un quarré dont un côté eſt d'environ un pouce & un huitiéme, pour recevoir les deux bras ſéparés & inégaux d'un levier recourbé D F & D E, & enſuite on fait entrer ſur ces quarrés une forte écrouë *d* en D pour les tenir ſerrés. Le bras D E qui comme une Romaine eſt deſtiné à porter un grand poids W, eſt retenu pour l'empêcher de tomber au-deſſous de la poſition horizontale par une cheville de fer en K qui empêche le petit bras D F de s'incliner vers G; mais les deux bras ſont mobiles autour de l'aiſſieu D vers *e* ou N. Le bras D F à une barre de fer ronde en travers à ſon extrémité ſupérieure d'environ 6 pouces de longueur, comme on peut le voir dans la figure ſéparée *d f*. A la poutre verticale A B, le fer L N eſt attaché avec une traverſe ſemblable au haut (voyez *n l*) & des trous pour les chevilles de fer qui l'arrêtent en place. Il y a auſſi une autre forte piéce de fer H G J attachée par une forte vis de bois en J à la poutre qui porte le levier, & la cheville K qui traverſe la piéce de fer par côté avec la poutre. Voyez ſa figure ſéparée en *h g j*. S eſt un anneau que l'on

Notes sur la IV. Leçon.

met dedans, lorsqu'on ne fait pas usage du bras vertical du levier. M est le centre de gravité de la romaine DE.

1. Pour éprouver la force d'un homme par le moyen de cette machine, il faut avec la main gauche saisir la partie ronde du traversier en N, & avec la main droite celle du traversier en F, approcher ensuite la main droite de la main gauche dans la direction de FN, ce qui fera mouvoir DE & élever le poids W. Lorsqu'on peut précisément l'élever en sorte que FD abandonne la cheville qui est en K, on trouve la force des bras en cette maniére. Multipliés le poids W (par exemple d'un demi quintal ou de 56 livres) par sa distance WD au centre (que je suppose ici de 15 pouces) ce qui donnera 840 livres pour le moment de W, sur la romaine: ajoutez à ce moment celui de la romaine même, que vous aurez en cherchant le poids qui peut élever la romaine par son centre de gravité; sçavoir, le poids W (*Figure 6.*) qui le tire en haut par un fil qui passe sur la poulie C, & multipliant ce poids par MD, sa distance au centre (que nous supposerons ici de 10 pouces) on aura 60 qui avec 840 fait la somme de 900, & cette somme étant divisée par FD distance de la puissance, donne 90 livres pour la force des bras de l'homme qui applique ses mains en F & N. Si un autre homme éleve un poids double en W + un poids tel qu'il puisse répondre au poids double de la romaine en M, il sera deux fois aussi fort L'éloignement du poids W vers E servira aussi de combien la force est plus grande, au lieu d'ajouter un poids en W.

On peut trouver de la même maniére la force que les bras employent à s'écarter l'un de l'autre, en appliquant une main en F & l'autre en H, & pour éprouver la force avec laquelle *Topham* plie le fourgon en l'appuyant derriere son cou; un homme peut mettre une courroye autour de son cou & l'attacher en F: ensuite la tête étant placée du côté de N ou de NL, il doit avec ses deux mains saisir le traversier en N, & pousser en avant avec ses mains tirant pendant tout ce tems-là en arriére avec son cou, pour amener F vers N.

2. La 6e *Figure* est une autre machine avec les poutres droites AB, CO un peu plus séparées: en sorte qu'un homme peut se tenir droit sur la planche FG & avec une ceinture & une chaîne passant par le trou H, tirer en haut la romaine DE par le crochet J, laquelle romaine en ce cas n'a pas la piéce droite FD, mais au lieu du levier recourbé, elle devient un levier de la troisiéme espéce, dans lequel DJ est la distance de la puissance & DW la distance du poids, & par conséquent $\frac{W \times WD + w \times MD}{DJ}$ sera la valeur du poids absolu qui est élevé, ou la force des muscles qui étendent les jambes. Mais ici on doit ajouter le poids du tronc du corps, & y faire attention selon que quelques hommes sont plus pesans que les autres.

N. B. *L'entaille* K *empêche le levier de tomber au-dessous de sa situation horizontale, & w tirant sur la poulie* C, *fait voir comment le levier agit à*

ſon centre de gravité ; en ſorte que lorſque w y eſt eſt ſuſpendu, le levier doit être regardé comme un inſtrument ſans peſanteur.

NOTES ſ
la IV. Leçon

3. LA 7e *Figure* a ſa romaine en DE avec un cylindre de bois d'un pouce & demi, ou de deux pouces de diamétre ſur ſon aiſſieu continué derriére en DF, lequel cylindre eſt repréſenté ſéparément en *d f* & ſon aiſſieu de fer en *g h* avec ſon écroüe *i*.

4. LA 8e *Figure* repréſente une machine pour éprouver la force des doigts, dans laquelle en inſinuant le doigt d'après le pouce ſous G, & le 3e doigt ſous H, qui ſont des points fixes, le doigt du milieu peut pouſſer ſur N pour élever un poids en W, de la même maniére que *Topham* rompoit les morceaux de pipes à fumer. Si en tournant en haut la paume de la main on inſinue les deux premiers & les deux derniers doigts ſous G & H, & ſi le pouce preſſe ſur N, cela fait voir de quelle maniére les deſſus des pots d'eſtain & des gobelets d'argent ont été écraſés par des hommes très-forts dans les doigts, & l'on verra par ce moyen la force que chaque homme peut employer dans cette action, &c.

N. B. *La 9e Figure n'eſt qu'une partie de la 8e tracée en grand.*

LEÇON V.

Sur les trois Loix du mouvement de Newton.

Leçon V.

1. Il y a plusieurs Instrumens que l'on peut appeller méchaniqnes, ou ranger parmi les Instrumens appellés communément, mais par erreur, *Puissances méchaniques*, dont je n'ai pas voulu parler (ou dont j'ai fait seulement mention sans expliquer la maniére dont ils agissent) dans la troisiéme Leçon; parce que la connoissance des Loix du mouvement est necessaire pour sçavoir sur quel principe ils agissent, & tel est le *Belier* des Anciens, le *Marteau* ou le *Maillet*, le *Volan*, le *Pendule circulaire*, la *Fronde* & l'*Arc* ou le *Ressort*.

Je vais donc en premier lieu considérer ces Loix du mouvement, & en tirer différens corollaires ou conséquences, que j'éclaircirai par des expériences, & que j'appliquerai entr'autres à l'explication de l'usage de ces Instrumens

Premiere Loy.

Chaque corps persevere dans son état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite, à moins qu'il ne soit forcé à changer d'état par des forces qui lui sont imprimées.

2. Il y a dans toute matiére (quelle que soit l'espece de corps qu'elle forme) une inactivité, par laquelle elle resiste à une force qui fait effort pour lui faire changer d'état, & cela à proportion de la quantité de matiére; c'est ce qu'on appelle *force d'inertie* ou d'*inactivité*. Car il est aussi impossible à un corps de se mettre de lui-même en mouvement lorsqu'il est en repos, que de passer d'une figure à une autre. Cela est évident au sens commun, & je crois que personne n'en doute; mais la seconde partie de cette Loy ne paroît pas aussi évidente, si on n'y fait pas un peu d'attention.

Nous voyons clairement qu'il doit y avoir quelque agent extérieur ou quelque puissance qui n'est pas essentielle, ou qui n'appartient pas nécessairement au corps pour le mettre en mouvement;

mai

mais la seconde partie de cette Loi ne paroît pas aussi évidente, si on n'y fait pas un peu attention. LEÇON V.

Nous voyons clairement qu'il doit y avoir quelque agent extérieur ou quelque puissance qui n'est pas essentielle, ou qui n'appartient pas nécessairement au corps pour le mettre en mouvement; mais on ne comprend pas aussi aisément qu'un corps en mouvement doive continuer à se mouvoir si un agent extérieur n'intervient pas par son action; car nous voyons que les corps qui sont ici sur la terre perdent, par dégrés leur mouvement, & comme nous ne faisons pas attention à toutes les causes qui détruisent le mouvement des corps, nous nous imaginons souvent que ce mouvement languit, & qu'à la fin il périt de lui-même totalement. Mais si nous examinons les causes extérieures qui retardent & détruisent le mouvement, nous nous appercevrons bien-tôt que si ces causes étoient éloignées, un corps qui seroit une fois en mouvement dans une direction quelconque, continueroit toujours ce mouvement dans cette même direction.

Une pierre poussée en avant avec la main, s'avance avec le mouvement qu'elle a reçu de la main, & elle continueroit toujours dans cet état de mouvement, s'il n'y avoit ni air ni pesanteur. Si nous considérons la résistance de l'air, il est évident que le corps en s'avançant doit écarter les parties de l'air pour se frayer une route lui-même; & comme il doit communiquer du mouvement aux parties qu'il écarte, autant qu'il en communique, autant doit-il en perdre; de sorte qu'après quelque tems, & après avoir parcouru un certain espace, il doit rester immobile dans l'air; c'est-à-dire, en supposant que l'air seul agisse sur lui. Mais outre l'air, la pesanteur (qui est une force qui pousse en bas) altére sa direction, & le porte à terre par dégrés; cet effort que fait chaque corps pour continuer dans son état de mouvement, ne paroît pas à quelques-uns devoir s'appeller proprement force d'inactivité (*vis inertiæ*); mais lorsque l'on fait attention que le corps est purement passif, qu'il ne peut pas augmenter ni détruire de lui-même son mouvement, on voit qu'il est entiérement inactif, même dans cet état. Ainsi lorsque nous sommes sur le bord d'une riviere, & que nous observons un poisson vivant entraîné par le courant, il est entiérement inactif dans ce mouvement, & il continue dans le même mouvement tant qu'il est inactif; il lui faut une action (égale à la force de l'eau) pour le mettre en repos, & pour le faire paroître tel au Spectateur qui est sur le bord de la riviere.

LEÇON V.

Supposons qu'un homme employe une certaine force pour faire rouler une boule sur un tapis verd qui n'est ni mû ni entraîné, & qu'il ne puisse la pousser qu'à 20 verges avec cette force, si le tapis verd se meut, cet homme avec la même force poussera la boule plus loin, par exemple, à 30 verges; si le tapis verd est non seulement mû, mais encore entraîné, la même force poussera la boule (par exemple) à 40 verges, & si l'on ôte toujours un plus grand nombre d'obstacles, la boule ira encore plus loin. Par où l'on peut conclure aisément que si le plan sur lequel la boule roule peut devenir parfaitement poli & mathématiquement uni, la boule vrayement sphérique, & si l'on peut détruire totalement la résistance de l'air, cette boule roulera toujours (ou plûtôt glissera) sur ce plan s'il est étendu à l'infini.

3. NOUS avons fait voir d'après *Newton* (*Leçon* 3. n°. 85.) que si un corps est poussé par deux forces dont les directions font un angle quelconque, il décrira par son mouvement la diagonale d'un parallélograme, dont les deux côtés contigus représentent (par leurs longueurs) les quantités respectives de ces forces & (par leur inclinaison) leurs directions : nous avons fait voir aussi * que ce corps décrira toute la diagonale par l'action de ces deux forces dans le même tems qu'il auroit employé à parcourir l'un des deux côtés contigus, s'il n'y avoit eu que l'une de ces forces qui eût agi sur lui.

* Note 1, Leçon 3.

Ceux qui ne sont pas accoutumés aux démonstrations mathématiques, ne conçoivent pas cela si aisément; parce que pendant qu'ils observent l'action de l'une des forces, ils ne font pas attention à l'autre; mais la chose deviendra sensible, si l'on considére les cas où l'espace dans lequel un corps se meut, est transporté dans une direction * différente de celle où le corps paroît se mouvoir plus immédiatement. Supposons, par exemple, que T S (*Planche* 23. *Figure* 10.) est un bateau de transport (ou plûtôt le plan d'un bateau) H *h g* G le canal où le bateau marche dans la direction T S & A & B deux personnes assises l'une vis-à-vis de l'autre dans le bateau. Supposons maintenant que la personne en A jette un corps, par exemple, une balle à la personne en B, & ainsi réciproquement, tous ceux qui sont dans le bateau regarderont cette balle ainsi jettée comme se mouvant uniquement dans la ligne A B, soit que le bateau soit toujours en repos, ou qu'il se meuve le long du canal; quoiqu'il n'y ait qu'une seule force qui agisse sur la balle dans la direction A B, lorsque le

* Note 2.

Planche 23. Figure 10.

bateau reſte en repos, & que par cette force il ſe meuve réellement dans cette ligne; mais lorſque le bateau marche, il y a auſſi une autre force qui agit ſur le corps dans le même tems ſelon la direction A *a*, & le corps par cette action compoſée eſt réellement porté dans la ligne A *b*, quoique les perſonnes aſſiſes dans le bateau s'imaginent que la balle va toujours dans la ligne A B, parce qu'elles ſont portées le long du canal, & qu'elles oublient que la force qui tire le bateau, tire auſſi la balle qui en eſt une partie, comme elle les tire elles-mêmes. Mais cela eſt évident aux yeux d'un homme qui eſt ſur le rivage en C; car lorſque le bateau eſt arrêté, en regardant vers D au côté oppoſé, il voit la balle ſe mouvoir (comme elle le fait réellement) dans la ligne A B. Mais lorſque le bateau ſe meût, & paſſe de la poſition T S à la poſition *t s*, dans le même tems que la balle ſe meut en travers, de la perſonne A à la perſonne B, il eſt clair (& un homme qui eſt ſur le rivage en C le voit) que la balle ſe meut dans la diagonale A *b*, parce que la perſonne qui étoit en *b* ne la reçoit que lorſqu'elle eſt arrivée en *b* par le mouvement du bateau; quoique la perſonne qui eſt vis-à-vis en A (étant dans le tems portée en *a*) ne s'en apperçoive pas, la choſe ne laiſſe pas d'être viſible à celui qui eſt en C. Mais ſi l'homme qui eſt en C étoit ſur une planche A C attachée au bateau, & qu'il fût porté de C en *c*, il ne diſtingueroit pas entre la ligne A B & la ligne A *b*, mais (lorſqu'il ſeroit arrivé en *c*) il croiroit que le corps s'eſt mû dans la ligne *a b* qu'il prendroit pour A B, à moins qu'en fixant ſa vûë ſur le canal, il ne fît réfléxion qu'il ne voit plus le point D vis-à-vis de lui, mais le point *d*. Ainſi dans un vaiſſeau ſi un homme qui eſt ſur le pont auprès du mât jette en haut une pierre à un autre qui eſt ſur la hune, ou s'il en reçoit une de celui-là, la pierre ſera mûë parallélement au mât, (en ſuppoſant que le mât ſoit droit) ſoit que le vaiſſeau ſoit à l'ancre ou à la voile; quoique dans le premier cas la pierre ſe meuve perpendiculairement, & dans le ſecond obliquement par rapport à l'horizon montant ou tombant dans la diagonale d'un parallélograme dont les côtés contigus repréſentent les deux forces qui agiſſent ſur la pierre, l'une perpendiculaire & l'autre paralléle à l'horizon, préciſément comme dans le dernier exemple, les deux forces A B & A *a* agiſſent ſur la balle pouſſée horizontalement dans le bateau.

N. B. *Soit que le bateau aille plus vîte ou plus lentement* (*auquel cas la ligne* A b *devient plus longue ou plus courte*) *la balle décrira*

toujours sa diagonale dans le même-tems ; car puisque la force A B *continuë d'être la même, tout ce que produit la force latérale* A *a*, *est uniquement de faire arriver la balle à un point différent de la ligne* B *n*, *comme m ou b ou n, au lieu de* B, *pendant que la force* A B *dans le même-tems lui fait traverser le bateau, ou la fait aller d'un point de la ligne* A *a à quelque autre point de la ligne* B *b*.

Je me suis étendu dans cette explication, parce que j'ai trouvé un grand nombre de personnes de bon sens, qui faute d'attention n'ont pas pû concevoir ce mouvement composé, d'où dépend toute la méchanique. C'est pour cela que j'ai joint ici une grande varieté d'expériences, afin que si l'une ne peut pas convaincre, une autre le fasse.

EXPÉRIENCE I.

Planche 23. figure 8a. LA machine représentée par cette figure consiste dans une platine de cuivre A B C D sur laquelle glisse une autre platine J K L M en avant & en arriere dans la direction T S ou S T, entre les regles A D & B C, sous le tranchant de deux autres regles E F & G H, celle E F formant un petit ratelier de dents pour recevoir celles de la rouë N, qui est attaché à la platine J M K L par le coq N O, & qui tourne autour de son aissieu N, à mesure que cette platine est poussée en avant ou en arriere. La rouë dans son mouvement le long de E F entraîne l'autre ratelier P Q perpendiculaire au premier, soit à droite ou à gauche, selon que l'aissieu de la rouë en N est poussé dans la direction T S ou S T. Ce dernier ratelier a un bras S R avec une petite douille en R pour y placer un crayon, qui, selon le mouvement du bout R, tracera une ligne noire sur le papier que l'on met sous la machine. Il faut tracer sur ce papier un quarré *e f g h*, dont un côté soit égal à la distance entre les extrémités des regles A D & B C. Ensuite ayant poussé en haut la rouë N aussi loin que l'on pourra, on placera la machine sur le papier, de maniére que son extrémité A B soit paralléle à *g h*, l'un des côtés du quarré précedent, & à telle distance que la pointe du crayon tombe sur le point *e*, & le côté du ratelier P Q sur la ligne *a b* ; alors pressant en bas d'une main la platine A B C D de la machine en T pour la tenir immobile sur le papier, on tirera en bas le coq N O dans la direction S T par une longueur égale à *e g*, & le crayon au lieu de décrire la ligne *e g*, décrira la ligne diagonale *e h* ; parce que la

rouë en descendant tourne circulairement par l'action du ratelier EF, & pousse à gauche le ratelier PQ, précisément de la longueur de *ef*, par le moyen des dents de ce ratelier & de la coulisse qui lui permet de se mouvoir latéralement le long des chevilles J M par le moyen de la rouë, pendant que ces chevilles la conduisent perpendiculairement en bas depuis la ligne *ab* jusqu'à la ligne *dc*. Et pour faire voir que la diagonale est décrite dans le même-tems que le côté *eg* auroit été décrit, s'il n'y avoit point eu de mouvement latéral, il faut ôter la rouë, & alors la pointe du crayon décrira la ligne *eg*, pendant que le coq sera tiré de la même maniére qu'auparavant ou repoussé en haut. Cela fait voir que c'est la même chose pour un corps en *e* d'être poussé par deux forces dans les directions *ef* & *eg*, que d'être porté de la ligne *eg* à la ligne *fh* dans le même-tems qu'il est porté en bas de la ligne *ef* à la ligne *gh*. LEÇON V.

EXPÉRIENCE II.

CETTE Figure est un chassis quarré de bois dont la partie CDEB est placée droite sur son côté BE, pendant que son autre partie *cdeb* est tirée hors de sa rainure dans la position *d δ ε e*; par ce moyen on fait décrire à la balle A la diagonale A *a* en montant, & elle décrit la même diagonale en descendant lorsque la partie qui glisse est repoussée en arriére dans le chassis selon la direction *δ d*. Il y a un fil de fer A *e* fixé à la partie glissante pour faire mouvoir la balle en haut & en bas, & un fil *bc* qui passe par un trou dans les pieces *de* & DC, en sorte que son extrémité est attachée en C, par ce moyen on peut élever la balle pendant qu'on tire en dehors latéralement *d δ ε e*, & elle retombe par son propre poids lorsqu'on repousse *d δ ε e* en-dedans, & lorsqu'on laisse *d δ ε e*, dans le chassis qui le contient la balle monte & descend en tirant ou en laissant tomber le fil C *cb*. Si l'on regarde le fil de fer A *c* comme une corde paralléle au mât d'un navire, ce que nous avons dit d'un corps qui tombe de la hune du mât, & qui se meut parallélement au mât, (soit que le navire soit à l'ancre ou à la voile) par le moyen d'une ou deux forces qui agissent sur lui, se trouvera éclairci par cette expérience. Planche 23. Figure 12.

Mais comme quelques personnes m'ont objecté que cette machine & la précedente font à la verité par leur construction mouvoir un corps dans une diagonale, mais que cela ne prouve pas que la nature agisse de cette maniére, j'ai rendu la chose évidente à la vûë par l'Expérience suivante.

EXPÉRIENCE III.

Planche 23. Figure 13.

LA table ronde GEFD appuye sur un pivot P, & a un trou de chaque côté du centre à la demie distance de la circonférence en A & B. Menez le diametre DE perpendiculaire à la ligne ACB, & des différens points de ce diamétre également éloignés du centre de chaque côté, vous tracerez les rhombes ou parallélogrames équilateres DAEB, *d*A*e*B & *δ*A*ε*B. On attache deux fils à la balle D au même point, & ces fils étant conduits par le trou AB, portent à leurs extrémités deux poids égaux W & X qui leur sont suspendus, & qui par la force unie de leur chute conduiront la balle D sur le centre C de la table où elle s'arrêtera, pendant que les parties des fils sur la table seront dans la ligne ACB. Si la balle D est tirée en arriére vers *δ*, *d* ou D (par où les poids W & X seront élevés, & les fils seront au-dessus & auront leur direction dans les côtés contigus de l'un des parallélogrames) aussi-tôt que vous la laisserés aller, elle décrira la ligne DE qui est la diagonale commune à tous les parallélogrames, comme on peut mieux s'en appercevoir en tenant le doigt ou un fil de fer au centre C qui sera frappé par la balle dans son mouvement. *Ici il est clair que la pesanteur naturelle des corps* W *&* X *est la seule force* (*divisée en deux parties égales*) *qui agit sur la balle* D, *& que soit que la direction de ces forces soient à angle aigu, à angle droit ou à angle obtus, la balle décrira toujours la diagonale d'un parallélograme dont les côtés seront égaux, représentant les forces égales. Mais si l'un des poids comme* W *est encore une fois aussi pesant que l'autre, la balle partant de* D, *d ou δ, prendra une direction entre* A *&* C; *& elle ne passera pas sur le centre, à moins qu'on ne la fasse partir de* F, *auquel cas les deux fils formeront deux côtés contigus du parallélograme* FAGB *qui sont l'un à l'autre comme deux à un, dont* FCG *passant par le centre, sera la diagonale.*

On a objecté à *Galilée* lorsqu'il soutenoit le mouvement de la terre, que si la terre tournoit circulairement de l'*Oueſt* à l'*Eſt*, un boulet de canon tiré droit en haut, ne retomberoit pas sur la terre ou auprès de l'endroit d'où il étoit parti (comme vous voyez par l'expérience qu'il y tombe) mais qu'il seroit mû vers l'*Oueſt* à proportion de l'espace que la terre auroit parcouru vers l'*Eſt* pendant le tems de l'élevation & de la chute de la balle; à

quoi il répondoit, que le boulet eſt pouſſé par deux forces; l'une, qui eſt celle de la poudre, & qui le pouſſe en haut; & l'autre, qui eſt celle de la terre, qui le porte à l'*eſt*, lui faiſant décrire pendant qu'il s'éleve, une ligne diagonale vers l'*eſt*, & de l'extrémité ſupérieure de cette diagonale dans ſa chûte, une autre diagonale encore vers l'*eſt*. Il le prouvoit par le cas du vaiſſeau dont nous avons déja parlé. Mais rien ne rend la choſe auſſi claire que l'Expérience ſuivante. LEÇON V.

EXPÉRIENCE IV.

SUR une piece horizontale de bois G H, fixée à environ dix pieds au-deſſus du plancher de ma chambre, j'ai arrêté à vis deux crochets S*s*, & par le moyen de quatre fils j'ai ſuſpendu à ces crochets une platine de cuivre, ou pendule plat A B C D, qui (à raiſon de la diſtance des fils à leurs points de ſuſpenſion S*s*) formoient leurs vibrations dans un arc circulaire gradué ſur un plan de bois E F placé en-deſſous, le centre du pendule ne ſortant jamais du plan de bois en faiſant ſes vibrations dans la direction E F ou en retournant, à la diſtance d'environ neuf pieds de la piece G H. Sur deux poulies J, K, arrêtées à vis dans la partie ſupérieure de la piece G H, je fais paſſer le fil L K J W, par le moyen duquel le poids W doit être abaiſſé ſur le pendule A B C D, ou en être tiré en haut à volonté, *y* ayant un trou dans G H, placé préciſément ſous la circonférence de la poulie J. Planche 24. Figure 1.

Tirez le pendule (lorſque le pendule y eſt placé en-deſſus) hors de la perpendiculaire vers E, & alors, le laiſſant aller, il fera ſes vibrations vers F, & reviendra enſuite vers E, &c. pendant un tems conſidérable. Si pendant ce mouvement, en tirant le fil en L, on éleve le poids W hors de la platine qui fait ſes vibrations, & ſi on le laiſſe tomber de nouveau, il tombera toujours ſur le même point de A B C D, quoique cette platine A B C D ſe ſoit fort éloignée de la place où elle étoit depuis que le poids W en a été tiré, & cela en quelque point que ce ſoit de la vibration où W ait été tiré, & en quelque point que ce ſoit où il retombe. Car quoique la force de la main qui tire la corde, ſoit la cauſe de l'élevation de W, & la peſanteur celle de ſa chûte, il y a encore une autre force qui agit ſur W, & qui fait mouvoir ce poids dans l'arc de la vibration, comme étant une

LEÇON V.

partie du pendule composé de ABCD & de W. C'est ainsi précisément, que chaque partie de la terre sur laquelle le canon est placé, étant portée de l'*oueſt* à l'*eſt*, par le mouvement de la terre autour de son axe, le boulet de canon qui en sort, outre le mouvement qu'il reçoit de l'explosion de la poudre, a une autre force qui lui est imprimée par le mouvement de la terre, comme étant une partie de la terre, & qui le porte en l'air de l'*oueſt* à l'*eſt*, tout comme le canon y est porté sur la terre, ensorte qu'il tombe de nouveau en bas, ou dans la bouche du canon, ou fort près.

Le boulet du canon, ou tout autre projectile, ne décrit jamais dans son mouvement une ligne droite, que lorsqu'il est poussé perpendiculairement en haut ou en bas, & cette ligne droite de son élevation ou de sa chûte, est la diagonale d'un parallélogramme, comme nous l'avons déja démontré; mais *lorſque ce corps eſt jetté horizontalement ou obliquement, il décrit une courbe nommée Ligne parabolique.* Or cette courbe est composée d'un nombre infini de petites lignes diagonales, qui changent continuellement à mesure que les directions des forces changent dans le mouvement composé du corps, ce qui s'explique aisément par ce qui a été dit de l'action des deux forces, & par la considération de l'acceleration du mouvement dans la chûte des corps, laquelle (comme étant un fait & un objet d'observation) doit être maintenant regardée comme un point accordé, quoique nous ne puissions en expliquer la cause, qu'en expliquant la seconde loi de nature.

Planche 24. Figure 2.

Soit un corps en A, (*Planche* 24. *Figure* 2.) par exemple, un boulet de canon, poussé en avant dans une direction horizontale AF, ensorte qu'il se meuve avec une vîtesse déterminée; par exemple de quatre perches dans une seconde de tems, ou de A en B; il est évident par la premiere loy, qu'il doit aller dans la seconde suivante dans la même direction par le même espace, c'est-à-dire, de B en C, & ensuite en D, en E, en F, &c. Il est aussi clair, que s'il y a une autre force dont la direction soit à angles droits avec la ligne AF, comme dans la ligne AL, qui est perpendiculaire à la surface de la terre, (ou pour exprimer la chose plus generalement, une force qui presse depuis la ligne AF vers la ligne L*f*) l'action de cette derniere force sur le corps qui part de A, n'accelerera pas, & ne retardera pas son mouvement depuis la ligne AL vers la ligne BM, ni depuis la ligne BM vers la ligne CN, ni depuis la ligne CN vers la ligne DO,

ni depuis D O vers E P, ni depuis E P vers F *f*; mais elle ſera cauſe ſeulement que le corps paſſera par différents points de ces lignes, au lieu de paſſer par les points B, C, D, E, F. Or je dis que les points *b*, *c*, *d*, *e*, & *f*, ſeront les points des lignes B M, C N, D O, E P & F *f*, où le corps paſſera. La force qui pouſſe en bas dans la direction A L, eſt la force de la peſanteur, par laquelle on a obſervé que les corps tombent d'un mouvement acceleré, de maniere que dans la premiere ſeconde du tems, un corps tombe de la hauteur d'une perche, (ou de 16 ½ pieds) dans la ſeconde ſuivante de 3 perches; dans la troiſiéme de 5 perches; dans la quatriéme de 9, &c. Ces eſpaces étant ici exprimés par A G, G H, H J, J K & K L. Et ſi le corps qui tombe, eſt pouſſé, pendant le tems de ſa chûte, par une autre force dans une direction horizontale, comme dans la direction A F, (ou plûtôt de la ligne A L vers la ligne F *f*) cette force ne troublera nullement l'accéleration uniforme du mouvement du corps qui deſcend, mais le fera ſeulement tomber ſur quelqu'autre point de la ligne L *f* (ou de la ſurface de la terre) différent du point L, comme par exemple au point *f*. LEÇON V.

On trouvera de cette maniere les différents points de la courbe où le corps ſe meut. Le corps en A eſt pouſſé par deux forces A B & A G; les lignes G *b* & B *b* reſpectivement égales & paralléles à A B & A G, achevent le parallélogramme A *b*; par conſéquent le corps doit ſe mouvoir dans la diagonale A *b*. Le corps en *b* eſt pouſſé horizontalement par la force *b k*, égale à A B, & porté en bas dans le même tems par la force *b h*, augmentée par l'acceleration de 1 à 3, & tranſportée de G H à *b h*; car comme ſans la force horizontale elle auroit porté dans la ſeconde partie du tems le corps de G en H, (comme elle n'eſt pas alterée dans la quantité de ſon effet par la force horizontale) elle ſera par conſéquent capable de porter le corps de *b* en *h*; mais la force horizontale *b k* agiſſant dans le même tems, doit porter le corps dans le même tems depuis la ligne *b h* juſqu'à la ligne *K c*, comme la force *b h* le porte depuis la ligne *b K* juſqu'à la ligne *h c*, & par conſéquent à la fin de la ſeconde partie du tems, le corps en C, où ces deux lignes ſe rencontrent, ayant décrit la diagonale *b c* par l'action réunie des forces *b k* & *b h*. Le corps en *c* eſt pouſſé par la force horizontale *c* P, (= C D) & par la force perpendiculaire *c i*, (tellement augmentée, qu'elle ſoit = H J) dans le même tems; donc ce corps

LEÇON V. décrira la diagonale *c d*. Par la même raison, lorsque le corps est en *d*, il doit décrire la diagonale *d e* du parallélogramme *d E e x*, par l'action réunie des forces *d* E & *d x*; & ainsi depuis *e* il viendra en *f* dans une nouvelle diagonale, qui est celle du parallélogramme *e p f l*, par l'action des deux forces *e p* & *e l*, &c.

SCHOLIE.

SI nous avions divisé le tems de tout le mouvement en un plus grand nombre de parties, qui par conséquent auroient été plus petites, nous aurions eu plus de diagonales depuis A, commencement de la chûte du projectile, jusqu'en *f*, fin de sa chûte; ce qui auroit rendu sa route A *b c d e f*, plus courbe par un plus grand nombre de changements de direction. Mais comme le mouvement des corps en bas par la force de la pesanteur, augmente continuellement, (ou que la ligne A G devient continuellement plus longue) & qu'elle n'augmente pas par accès, comme nous l'avons supposé pour faire mieux comprendre l'action des deux forces, il y a un changement continuel de direction dans le mouvement du corps en avant & en bas, (où les diagonales deviennent infiniment petites) ensorte qu'il décrit une parabole en allant de A en *f*.

On peut éclaircir cela par l'Expérience suivante.

EXPÉRIENCE V.

Planche 24. Figures 3 & 4 & 5.

LA machine représentée par ces trois *Figures* de la *Planche* 24. a été inventée par le Docteur S'gravesande, (Professeur des Mathématiques & d'Astronomie à *Leyde*) pour faire rendre sensible ce mouvement parabolique. A B *b* G F est une piece solide de bois de quinze pouces de hauteur, & de deux pouces d'épaisseur, élevée sur son côté F G, & assise sur une planche ou piece plate F E, qui a un petit creux peu profond en E, qui doit être rempli de terre glaise molle; de maniere que la balle B tombant depuis B le long de la surface courbe B *b* (qui est très-polie ou couverte de cuivre ou d'étain bien uni) & décrivant dans l'air la ligne parabolique *b x s* E, elle puisse faire une marque pour indiquer exactement l'endroit où elle tombe. La piece O (*Figure* 4.) se met quelquefois sur G E de la *Figure* 3. où les lignes ponctuées la représentent en G 3 *s*; elle a aussi un creux

que l'on remplit de terre glaiſe pour recevoir la marque de la chûte de la balle en *δ*. La piece K (*Figure* 5.) ſe met dans l'occaſion au défaut de celle-ci, & elle eſt repréſentée par les lignes ponctuées 1 3 x, pour intercepter la balle qui tombe, & marquer par la terre glaiſe dans ſon creux le point *x* de la ligne *b x*, où tombe la balle. Il y a auſſi une planche droite BDE, que l'on peut ôter dans l'occaſion, qui porte trois anneaux *r*, *r*, *r*, que la balle doit traverſer lorſqu'elle décrit une parabole de *b* en E, auquel cas on ôte les pieces de la *Figure* 4. & *Figure* 5. Leçon V.

La hauteur BC, ou la diſtance entre les lignes ABD & C*b c d e*, eſt de ſix pouces; & la hauteur *b* G eſt de neuf pouces, étant diviſée en trois parties inégales, dont la plus haute eſt d'un pouce, la ſeconde de trois, & la plus baſſe de cinq pouces.

Si l'on diviſe le tems de la chûte de la balle de *b* en G, en trois parties inégales, (que nous appellerons ici inſtants) la balle dans la premiere de ces trois parties décrira le premier eſpace marqué 1, c'eſt-à-dire, un pouce; dans l'inſtant ſuivant elle décrira l'eſpace trois, ou trois pouces; & dans le troiſiéme inſtant, l'eſpace cinq ou cinq pouces. N. B. *Cela vient du mouvement acceleré, dont nous expliquerons la cauſe en conſidérant la ſeconde loy du mouvement.*

Lorſqu'on laiſſe tomber la balle de B, & rouler en bas le long de la ſurface courbe B*b*, elle acquiert une telle vîteſſe en *b*, qu'elle ſeroit capable d'aller en avant, (à la double diſtance de BC, ou de la hauteur d'où elle eſt tombée) par un mouvement uniforme de *b* en *e*, dans la ligne horizontale *b c d e*, ſi elle n'étoit pas forcée de s'en écarter, & de deſcendre par l'action de la peſanteur; mais la peſanteur n'accelere point, & ne retarde point ſon mouvement en avant; elle eſt cauſe ſeulement qu'elle arrive au point E au lieu du point *e*, dans la même ligne perpendiculaire, & dans le même tems. Et ſi l'on conſidere deux autres points de la parabole *b x δ* E, ſçavoir *x* & *δ*, on verra que la balle qui dans le premier inſtant du tems ſeroit arrivée en *c* par le mouvement horizontal de la force projectile, eſt pouſſée en bas par ſa peſanteur vers *x*; & au lieu d'être portée en *d* au ſecond inſtant, elle eſt portée en *δ* dans la parabole, lequel point eſt directement ſous *d*, & dans la même ligne horizontale que le bout du quatriéme pouce, ou ſecond eſpace dans la ligne de la chûte *b* G. Pour prouver cela par expérience, il faut placer les deux pieces G & K des *Figures* 4. & 5. & enſuite laiſſant tomber la balle de

LEÇON V.

B, elle roulera en bas le long de la courbe B*b*, & enſuite dans l'air elle ira de *b* en *x*, où elle fera une marque ſur la terre glaiſe. Otez la piece de la *Figure* 5, & laiſſez encore rouler la balle depuis B; elle roulera ſur le point *s*, comme on le verra par l'impreſſion faite ſur la terre glaiſe en *s*; ôtez enſuite la piece de la *Figure* 4. & la balle arrivera en E: Enfin ſi l'on place la planche BDE avec ſes anneaux *r*, *r*, *r*, cette balle tombant de B décrira la parabole *b*E, paſſant par tous les anneaux, quelque nombreux qu'ils ſoient, pourvû que la parabole paſſe par leurs centres.

N. B. *On donnera auſſi, en expliquant la Loy ſuivante, la raiſon pour laquelle la balle en tombant dans la courbe B b, acquiert une vîteſſe qui lui fait parcourir uniformément le double de la longueur ou hauteur B C dans un tems égal à celui de ſa chûte.*

Si un boulet de canon ou un autre corps eſt chaſſé ou jetté obliquement en haut, il décrira de même par ſon élevation & par ſa chûte, une parabole.

CONSTRUCTION.

Planche 24. Figure 6.

MENEZ une ligne A*i* pour l'amplitude d'une parabole, & ſur ſon point du milieu 3; élevez la perpendiculaire 3 E, ſur laquelle vous prendrez la hauteur 3 *e* pour l'axe de la parabole. De *e* en E ſur l'axe prolongé; coupez *e* E = *e* 3, & menez la ligne A E qui ſera une tangente à la parabole propoſée dans le point A. Diviſez la ligne A E en un nombre quelconque de parties égales, par exemple en quatre, qui ſeront marquées par les points B, C, D, E; continuez la ligne A E vers F, enſorte que vous puiſſiez y marquer quatre autres parties égales, comme E F, &c. qui ne ſont pas exprimées dans cette figure, faute de place, mais que l'on ſuppoſe au-deſſus des points G, H, J. Enſuite des points B, C, D, F, &c. Abaiſſez les perpendiculaires B*k*, C*m*, D*o*, F*s*, G*u*, H*x*, & enfin J*i*, qui tombera ſur le point *i* de la ligne A*i*, (ou amplitude de la parabole.) Diviſez l'axe *e* 3 en ſeize parties égales, & marquez les points *q*, *z*, 2, à la fin de la premiere, quatriéme & neuviéme diviſion *s*; enſorte que les quatre parties inégales *e q*, *q z*, *z* 2, & 2 3 puiſſent reſpectivement contenir une, trois, cinq & ſept

parties égales. Par les points *q*, *z* & *2*, menez les lignes *df*, *cg* & *bh* paralléles à la ligne A*i*; ces lignes rencontreront les perpendiculaires aux points *b*, *c*, *d*, *f*, *g* & *h*, & feront les ordonnées à l'axe *e* 3. Sur la ligne *e* E ou axe prolongé, marquez *ep* = *eq*, & *e*Z = *ez*, de même *e*K = *e z* : & des points K, Z & *p*, menez K*b*, Z*c*, *pd*, & de l'autre côté *pf*, Z*g*, & K*h*. Si l'on mene une courbe par les points A*b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* & *i*, ce ſera une parabole où la ligne qu'un projectile pouſſé du point A dans la direction AB, décrira, pourvû qu'il ait une viteſſe donnée capable de lui faire décrire la longueur AB, dans le même tems que par la force de ſa peſanteur, il auroit parcouru la longueur B*b*. Prolongez en *t*, *w* & *y*, ou au-delà, les lignes *pf*, Z*g*, & K*h*, qui (auſſi-bien que *pd*, Z*c* & K*b*) ſeront tangentes à la parabole aux points *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*. Menez enſuite par ces points les lignes *ba*, *ck*, *dm*, *eo*, *fq*, *gs*, *hu* & *ix*, paralléles à ces tangentes, leſquelles ſeront terminées par les perpendiculaires aux points *a*, *k*, *m*, *o*, *q*, *s*, *u* & *x*, & achevez les parallélogrammes AB*ba*, *blck*, *cndm*, *dpeo*, *erfq*, *ftgs*, *gwhu*, *hyix*. Les lignes A*a*, B*b*, *bk*, *lc*, *cm*, *nd*, *do*, *pe*, *eq*, *rf*, *fs*, *tg*, *gu*, *wh*, *hk*, *yi*, ſeront toutes égales; ce qui peut ſe démontrer aiſément par la conſtruction & par la nature de la parabole; mais il vaut mieux le démontrer par la peſanteur, dans l'explication ſuivante.

DE'MONSTRATION.

SOIT une balle jettée dans la direction ABCD, &c. Par la premiere Loy, elle décriroit les eſpaces égaux, AB, BC, CD, DE, EF, &c. en tems ou inſtants égaux, & elle iroit continuellement dans la ligne AF, &c. Si la peſanteur n'agiſſoit pas ſur elle pour la pouſſer en bas; mais par les raiſons alleguées ci-devant, la peſanteur durant le premier inſtant, l'auroit pouſſé en bas vers *b*; (ou, ce qui revient au même, elle ſe ſeroit mue dans la ligne A*b*, diagonale du parallélogramme AB*ba*, dont les deux côtés contigus BA & A*a*, repreſentent les deux forces qui agiſſent ſur le corps;) & à la fin du ſecond inſtant, au lieu d'aller en avant ſelon la nouvelle direction A*b* dans la ligne *bl*, elle ſera portée en bas en *c*, ſe mouvant dans la ligne *bc*, diagonale du parallélogramme *blck*, dans lequel *bl* repréſente la nouvelle force projectile, & *bk* = B*b* = *lc* la force de la peſan-

LEÇON V.

Planche 24. Figure 6.

teur, qui preſſant toujours en bas avec la même force, doit être repréſentée par les perpendiculaires égales A *a*, *bk*, *cm*, *do*, *eq*, *fs*, &c. pendant que la force projectiile dans ſes différentes directions, eſt repréſentée par les lignes inégales & décroiſſantes AB, *bl*, *cn* & *dp*, dans l'élevation du corps, & par les lignes inégales croiſſantes *cr*, *ft*, *gw*, & *by* dans ſa chûte, toutes tangentes à la parabole. Pour aller en avant, le projectile doit décrire ſucceſſivement les diagonales *cd*, *de*, *ef*, *fg*, *gh* & *hi* des parallélogrammes, dont les deux côtés contigus repréſentent les quantités & directions des forces *cn* & *cm*, *dp* & *do*, *er* & *eq*, *ft* & *fs*, *gw* & *gu*, *by* & *bx*.

N. B. *Nous avons appellé diagonales les courbes interceptées entre les perpendiculaires aux points A b, c, d, e, f,* &c. *ou ce qui revient au même, nous avons courbé les diagonales, parce qu'elles ſont courbes réellement, comme nous l'avons indiqué dans l'explication du mouvement d'un corps jetté horizontalement.*

SCHOLIE.

LE corps jetté ſe meut avec une vîteſſe qui diminue continuellement juſqu'à ce qu'il arrive au ſommet de la parabole en *e*, alors il décrit l'autre moitié de cette courbe avec un mouvement continuellement acceleré. Car puiſque les eſpaces AB, BC; CD, DE, EF, &c. ont été pris égaux dans la ligne de la premiere direction du projectile, il ſuit de la premiere Loy, que le projectile devoit les parcourir en tems égaux, s'il n'y avoit qu'une force, (qui eſt celle de projection) qui agit ſur lui. Mais comme la peſanteur agit ſur le corps dans le même tems, quoiqu'elle ne puiſſe pas l'empêcher d'atteindre les perpendiculaires (qui ſont également éloignées & paralléles entr'elles) dans le même eſpace de tems qu'il l'auroit fait, s'il n'y avoit point eu de peſanteur, elle doit porter le corps à la fin de chaque inſtant, à d'autres points des perpendiculaires, qui s'approchent toujours de plus en plus les uns des autres, juſqu'à ce que le corps arrive en *e*: par exemple, le corps à la fin du premier inſtant, au lieu d'être en B, eſt porté en bas par la peſanteur en *b*, décrivant par ſa chûte un eſpace égal à *eq*; à la fin du ſecond inſtant, au lieu d'être en C, il eſt porté en bas vers *c*, étant tombé de la premiere direction ou ligne de la force projectile par un eſpace àgal à *cz*, ou quatre fois

$eq = Bb$, eſpace parcouru dans le premier inſtant par la chûte A ; à la fin du troiſiéme inſtant, au lieu d'être en D, il ſera pouſſé en bas vers d par un eſpace égal à $e2$, qui contient neuf fois eq ou Bb, eſpace parcouru par la chûte dans le premier inſtant ; à la fin du quatriéme inſtant, au lieu d'être en E, il ſera porté en bas vers e, par un eſpace égal à $e3$, qui contient ſeize fois l'eſpace de la premiere chûte Bb ou eq. Maintenant puiſque les eſpaces que le corps parcourt dans ſon élevation, en tems égaux, (c'eſt-à-dire, les lignes Ab, bc, cd & de) ſont non-ſeulement moindres que les eſpaces AB, Bc, cD, DE, mais encore moindres les uns que les autres, parce que leurs changements de directions leur font couper continuellement les paralléles à angles moins obliques ; il eſt évident que *le corps jetté diminue continuellement de vîteſſe, juſqu'à ce qu'il ſoit arrivé à ſa plus grande hauteur en* e, ſommet de la parabole. Et cela ſe voit auſſi, ſi l'on conſidere ici le mouvement du projectile, comme nous avons conſideré celui du projectile horizontal ; c'eſt-à-dire, en voyant que les différentes parties de la ligne décrite par le projectile, ſont comme autant de diagonales décrites par l'action de deux forces, dont l'une change ſa quantité & direction par des intervales extrêmement petits, quoiqu'ici nous ayons pris de grands intervalles, pour rendre la choſe plus claire.

Leçon V.

Planche 24. Figure 6.

Lors donc qu'un corps jetté ſort de A dans la direction AB, AB repréſente la force projectile, & Aa la force de la peſanteur, comme les lignes Bb & ba achevent le parallélogramme par la conſtruction, le corps décrira la diagonale Ab. Ce corps étant en b, s'efforcera, par la premiere Loy, de continuer à ſe mouvoir dans la ligne bl, qui eſt la diagonale continuée, c'eſt-à-dire, dans la nouvelle direction qu'il a acquiſe, & avec la même vîteſſe qu'il a actuellement, (qui eſt moindre que celle qu'il avoit en A, parce que la diagonale Ab eſt plus courte que le côté AB ; donc bl repréſente maintenant la force projectile, & bk celle de la peſanteur, que nous prenons égale à Aa ; parce que nous n'avons point d'égard au mouvement du corps, & que nous le conſiderons comme partant du point b, par l'action des deux forces hl & bk. Le corps ainſi pouſſé ſera mû dans la diagonale bc du parallélogramme achevé $blck$, avec une vîteſſe d'autant plus petite, que celle qu'il auroit eu dans la ligne bl, que la diagonale bc eſt plus courte que bl.

Le corps en c, par la premiere Loy, fera effort pour décrire

LEÇON V.

Planche 24. Figure 6.

la ligne *c n* avec la vîteſſe qu'il a actuellement; mais l'action de la peſanteur repreſentée par *c m*, (= *b k* = A *a*) le pouſſant en bas hors de cette ligne *c n*, lui fera décrire la diagonale *c d* avec une vîteſſe moindre à proportion que *c d* eſt plus court que *c n*. Enfin le corps en *d* pouſſé par les forces *d p* & *d o*, décrira la diagonale *d e* en changeant de direction, & diminuant de vîteſſe, comme nous l'avons fait voir ci-devant.

A meſure que le corps vient en bas depuis ſa plus grande hauteur e, la vîteſſe augmente continuellement. Car, premierement, ſi nous le conſiderons lorſqu'il eſt en *e*, ſa force projectile eſt *c r*, ſa peſanteur *c q*, & la ligne qu'il décrit, eſt *e f*, (diagonale du parallélogramme *e r q f*); mais comme la ligne *e r* repréſentant la direction & la vîteſſe du corps en *e*, eſt plus courte que la tangente *f t* repréſentant ſa direction & ſa vîteſſe lorſqu'il eſt en *f*, (parce que *e r* eſt perpendiculaire, & *f t* oblique aux paralléles équidiſtantes) la diagonale *f g* ſera plus longue que la diagonale *e f*: donc la vîteſſe du corps en ſera d'autant plus grande. C'eſt ainſi que la diagonale *g h* du parallélogramme *q w h u*, qui eſt l'eſpace parcouru par le corps dans l'inſtant ſuivant, eſt plus grande que *f g*, & que par conſéquent ſa vîteſſe eſt augmentée en cette proportion. Et enfin *h i*, le dernier eſpace, étant la diagonale du parallélogramme *h y i x*, ſera toujours plus grande que la précédente, & par conſéquent auſſi la vîteſſe plus grande.

COROLLAIRE I.

PAR-LA on peut connoître la différente vîteſſe d'un projectile dans chaque point de la parabole qu'il décrit, ſoit en montant ou en deſcendant : & *elle ſera toujours à la vîteſſe dans un autre point, en raiſon directe des longueurs des parties des tangentes à la parabole dans ces points, interceptées entre les mêmes paralléles, ou entre les paralléles également éloignées.* Par exemple, la vîteſſe en A : eſt à la vîteſſe en *b* : : comme B C : eſt à *b l*; car puiſque (par la conſtruction) B C eſt égale à A B, & que A B repréſente la vîteſſe du corps en A, & *b l* celle du corps en *b*; les vîteſſes aux poinrs A & *b* ſeront reſpectivement comme B C à *b l*. Ainſi en comparant les vîteſſes en A & *d*, on verra qu'elles ſont comme D E à *d p*, par la même raiſon. La même proportion a auſſi lieu en deſcendant; par exemple la vîteſſe en *e* : eſt à la vîteſſe en *f* : : comme *r* 10 : eſt à *f t*; ou comme *e r* : *f t*, 107 : 15, ou 78 : 56. Ainſi la

vîteſſe

vîteſſe en *f* eſt à la vîteſſe en *h* :: comme 56 : *ahy*; ou *ft*, ou 15 : *ahy*. LEÇON V.

COROLLAIRE II.

DELA il ſuit auſſi qu'à hauteurs égales au-deſſus de la ligne horizontale ou amplitude A*i*, le corps aura la même vîteſſe, parce qu'il ſera alors dans les points de la partie de parabole qui monte & qui deſcend, dans leſquels les tangentes ayant les mêmes obliquités avec les paralléles à l'axe, ces paralléles en couperont des parties égales, étant également éloignées.

COROLLAIRE III.

IL ſuit auſſi que quelqu'inégaux que ſoient les eſpaces qu'un projectile décrit en tems égaux, les diſtances horizontales, (c'eſt-à-dire les progrès qu'il fait en avant) ſeront toutes égales en tems égaux; mais nous avons déja prouvé cela d'une autre maniere. N. B. *Je n'entends pas par-là que la même quantité de force projectile doive faire marcher un corps en avant également vîte; car cela doit varier ſelon l'angle que ſa direction fait avec l'horizon : mais ſi l'amplitude de la parabole, (ou toute la diſtance horizontale que le corps parcourt lorſqu'il décrit une parabole,) eſt diviſée en parties égales par les perpendiculaires, je dis que le corps ira d'une perpendiculaire à l'autre dans le même tems.*

4. EN conſidérant le mouvement d'un projectile, nous avons regardé la ligne A*i* comme une ligne droite; & elle le ſeroit exactement, ſi la terre étoit plate; & dans le fonds la partie de la terre ſur laquelle le projectile paſſe, doit être regardée comme une ligne droite : mais ſi la force de la poutre ou autre quelconque qui porte le corps en avant, étoit beaucoup plus grande, ou que la force de la peſanteur (c'eſt-à-dire l'attraction de la terre) fût beaucoup plus petite, il faudroit alors conſiderer la ligne A*i* comme une courbe ou partie de la circonférence de la terre.

Par exemple, ſi ABCDE (*Planche* 24. *Figure* 7.) repréſente la ſurface de la terre, & AF une haute montagne, telle que le *pic de Teneriffe*; & qu'on mette le feu à un canon dans la direction FL, le boulet ira en avant dans une courbe, pour les raiſons alleguées ci-devant, peut-être juſqu'en B, où il viendroit tomber ſur le terrein. Si la force de la poudre étoit proportionnel- Planche 24. Figure 7.

lement plus grande, il iroit jusqu'en C, avant que de tomber à terre. Supposons la force de la poudre encore plus grande, & le boulet viendra en D : supposons-la toujours plus grande, & le boulet viendra en E, ne tombant sur la terre qu'après avoir passé au-dessus des deux tiers de sa circonférence.

Enfin on peut supposer la force de la poudre assez grande pour que le boulet ne tombe jamais sur la terre, mais qu'il revienne au point F d'où il étoit parti, & (le canon étant tiré de sa place loin de la route du boulet) qu'il tourne continuellement autour de la terre, à la distance d'environ trois milles de sa surface, (c'est-à-dire, à la hauteur du *pic de teneriffe*) la pesanteur ne faisant que l'empêcher de s'écarter de la terre par une tangente. Si la force de la poudre étoit plus grande que selon cette derniere supposition, le boulet s'écarteroit roujours plus de la terre dans une ligne spirale.

Si le point F étoit soixante fois plus éloigné du centre de la terre, ou à la hauteur de 240, 000 milles, c'est-à-dire, à la distance de la lune; alors la force de la pesanteur, (ou la force attractive, que l'on nomme dans ce cas *force accélératrice* de la terre) seroit 3600 fois plus foible qu'elle n'est à la surface de la terre, parce qu'à mesure que l'on s'éloigne du centre de la terre, la pesanteur décroît comme les quarrés des distances croissent; & la lune étant 60 fois plus éloignée du centre de la terre, que n'est la surface de la terre, le quarre de cette distance 60. est 3600.

Dans ce cas il ne faudroit pas une plus grande force projectile que celle de notre poudre commune, pour faire circuler un boulet autour de la terre à la distance de 240000 milles. On peut même regarder la lune comme un tel projectile; car ayant une fois reçû une impulsion par une ligne paralléle à une tangente de la terre, pendant qu'elle fait effort (par la premiere Loi) de conserver sa premiere direction (rectiligne) la pesanteur la pousse continuellement vers le centre de la terre, & par cette impulsion elle la tire de la direction rectiligne de la force projectile, & la fait tourner continuellement autour de la terre. La pesanteur ne peut pas non plus porter la lune jusqu'à la terre, parce que la force projectile subsistant toujours, elle fait un effort continuel pour tirer la lune dans la tangente de son orbite; & la pesanteur ne fait qu'altérer continuellement la direction, par laquelle la lune s'efforce à chaque moment de s'échaper le long d'une nouvelle

tangente. Ainſi dans chaque point de l'orbite ces deux forces ſe balancent mutuellement. LEÇON V.

5. CET effort de la lune, ou de tout autre corps qui ſe meut dans un cercle ou dans toute autre orbite courbe, pour s'écarter du centre de ſon mouvement, ſe nomme *force centrifuge*, & la force qui agit contre celle-là pour retenir le corps dans ſon orbite, (ſoit que ce ſoit la force de la peſanteur ou de l'attraction, ou un fil qui pouſſe ou qui tire le corps vers le centre de ſon orbite) ſe nomme *force centripéte*. Ainſi lorſqu'on tourne une pierre dans une fronde, la pierre qui fait effort pour s'échaper (& qui s'échape effectivement lorſqu'on détache un des bouts de la fronde) par une tangente à la courbe qu'elle décrivoit auparavant, eſt arrêtée par les fils qui l'empêchent de s'échaper; cet effort eſt la force centrifuge; & celle des fils qui ſaiſiſſent la pierre, eſt la force centripéte. La force qui fait effort pour faire échaper la pierre par la tangente, ſans pouvoir la faire partir réellement, roidit le fil de la fronde dans une direction qui va du centre de révolution à la tangente. Suppoſons, par exemple, que le corps F (*Planche 24. Figure 7.*) attaché au fil en F, tourne en rond dans le cercle FJN: pendant que ce corps n'étant pas retenu par le fil, ſe feroit mû de la longueur FH dans la direction GF par la premiere Loy, étant retenu par le fil il décrira l'arc FJ, étant pouſſé en bas de H en J; ainſi la ligne HJ repréſentera la quantité de la force centripéte dirigée vers le point M; & la même ligne JH dirigée du point M vers H, pourra auſſi repréſenter la force centrifuge, ces deux forces étant égales, ſans quoi le corps roulant ne ſeroit pas retenu dans ſon orbite. Car quoique dans les orbites qui ne ſont pas circulaires, ces forces puiſſent croître & décroître, (comme on le fera voir ci-après) cependant ces deux oppoſées croiſſent & décroiſſent également, ſe balançant toujours mutuellement. N. B. *Plus un corps ſe meut vîte dans ſon orbite, plus le fil eſt roidi, c'eſt-à-dire, plus la force centrifuge ou centripéte eſt grande. Par exemple, ſi FG repréſente la vîteſſe du corps au lieu de FH, le corps décrira l'arc FN au lieu de FJ; auquel cas le point N (où ſe trouve le corps) étant plus éloigné de la tangente, (en G, que le corps auroit parcouru par la ſeule force projectile) la force centripéte & centrifuge doit être repréſentée par la ligne GN, qui eſt plus grande que HJ.* Planche 24. Figure 7.

TOUT cela ſera mieux prouvé & éclairci par les Expériences ſuivantes.

EXPÉRIENCE VI.

Planche 24. Figure 8.

6. ABCD est une table ronde que l'on peut faire tourner fort vîte sur un pivot, comme en F, (la même qui est représentée par la 13. *Figure* de la *Planche* 23.) il y a un petit tuyau de cuivre qui entre à vis dans la table au centre C, au haut duquel on attache le fil de la balle B de plomb, ensorte qu'il puisse passer dans un trou percé sur le côté de ce petit tuyau de cuivre; delà il est porté sous la table par le trou *h*, & attaché à une cheville dans le côté de la table en A. Lorsqu'on place la balle en B, si l'on fait tourner la table fort vîte, elle laissera d'abord la balle en arriere, ensorte qu'elle paroîtra avoir un mouvement contraire à celui de la table, jusqu'à ce que par la rudesse de la table, elle tournera enfin avec la table du même côté où celle-ci tourne; ensuite si l'on arrête subitement la table, la balle fera plusieurs tours, jusqu'à ce qu'ayant communiqué tout son mouvement à la surface rude de la table, elle restera enfin en repos. Cela sert à éclaircir la premiere loy de nature; car comme la partie de la table sous la balle la laisse en arriére pendant quelque tems, parce qu'elle fait effort pour continuer dans son état de repos, elle la laisseroit pour toujours dans le lieu où elle étoit au commencement, si la table étoit parfaitement polie; & lorsque la balle est une fois en mouvement, elle continueroit toujours de se mouvoir en rond sur la table, si (outre le poli de la table) le fil qui retient la balle n'avoit point de frottement au centre C. On doit aussi observer que le fil qui est lâche en CB, est toujours tendu comme en C*b* par le mouvement de la balle, & c'est ce qui démontre la force centrifuge.

Si l'on fait entrer à vis un soutien fourchu vers le bout de la table comme en D, & qu'on fasse passer dans la fente de ce soutien le fil de la balle, ensorte qu'elle reste suspenduë comme en 1, la force de la pesanteur de la balle peut tellement être surmontée par la force centrifuge, produite par le pirouettement de la table, que la balle s'élevera au point 3, le fil 3 *d* devenant horizontal, à mesure que la table tournera toujours plus lentement, la balle descendra au point 2, & ainsi de suite jusqu'à 1 à la fin, la pesanteur devenant sensible à mesure que la force centrifuge diminuë.

EXPÉRIENCE VII.

SI l'on lie un cordon autour du bord d'un pot plein d'eau, &

que l'on faſſe piroueter le pot fort vîte autour de la main ou du centre K dans un cercle ou dans une courbe, dont A C B eſt un arc, l'eau acquerant une force centrifuge plus grande que celle de la peſanteur, ne verſera pas lorſque l'ouverture du pot tournera en bas. Si au lieu du pot, on fait tourner en rond autour du centre K, le verre W C, (*Figure* 10.) qui contient des liqueurs de différentes peſanteurs ſpécifiques, (après qu'elles auront toutes été confondues en les ſecouant) elles reprendront toutes leurs places & leur tranſparence, même plûtôt que ſi le verre qui les contient avoit été ſuſpendu en l'air, & en repos. La raiſon en eſt, que comme les différentes ſubſtances contenues dans le verre ont la même vîteſſe qui leur eſt donnée par la force centrifuge, leur *moment* ſera comme leur gravité ſpécifique, c'eſt-à-dire, que leur moment ſera compoſé des différentes quantités de matiere qu'elles contiennent ſous des volumes égaux, multipliées par la vîteſſe commune (Leç. 2. n°. 3.) que la force centrifuge leur donne dans la ligne K C depuis le centre du mouvement vers la circonférence. Donc les grains de verre parmi les liqueurs, peſant plus que les goutes de toutes les autres liqueurs, auront le plus grand *moment*, & par conſéquent ſe rendront à la partie G la plus éloignée du centre du mouvement K. Enſuite les goutes de l'huile de tartre, (qui eſt la plus peſante des liqueurs contenuës dans le verre) ayant par la même raiſon plus de moment que les goutes des autres liqueurs, (quoique moins que les grains de verre,) prendre la place T, la plus proche des grains, & rempliront auſſi leurs interſtices. La liqueur ſuivante, qui eſt l'huile de petrole, remplira l'eſpace P. Et enfin l'eſprit de vin, dont les goutes ſont les plus legeres, ſera le plus proche du centre du mouvement, (malgré ſa force centrifuge,) & occupera l'eſpace W, parce que les grains & toutes les autres liqueurs ayant plus de *moment*, le chaſſeront de l'extrémité C, à laquelle il tend pendant tout le tems. N. B. *Le tube eſt ſcellé hermétiquement aux deux bouts.*

LEÇON V.

Planche 24. Figure 9.

LES grains de verre, & les autres liqueurs ſe repoſent dans la place qui leur convient, lorſque le tube eſt ſuſpendu, parce que comme tous les corps tendent en bas avec la même vîteſſe, (Leç. 1. n°. 8.) le *moment* des particules d'un égal volume doit être comme leurs quantités reſpectives de matiere dans leur chûte : & la raiſon pourquoi les liqueurs ne ſont pas auſſi-tôt repoſées en ce cas, que lorſque le tube eſt tourné en rond, eſt

Leçon V. que l'on peut donner autant de vîteſſe que l'on veut dans la direction KC, par la force centrifuge, au lieu que celle qui vient de la peſanteur, eſt toujours la même.

COROLLAIRE.

De-là il ſuit qu'une bouteille de liqueur quelconque, (qui après avoir été troublée eſt devenue claire par la longueur du tems, & enſuite redevenue ſale par la ſecouſſe,) peut s'éclaircir plus vîte par la force centrifuge, qu'en reſtant droite long-tems en repos.

EXPÉRIENCE VIII.

Planche 24. Figure 11. Joignez par un fil les deux balles T & M, dont les poids ſont entr'eux comme 4 & 2, (ici nous employons une balle de 2 onces & une de 4,) & faites paſſer le fil par les trous oppoſés dans les côtés du petit tuyau C; que la longueur du fil en meſurant du centre d'une balle à celui de l'autre, ſoit de 18 pouces, & la diſtance des centres des balles au centre de la table, ſoit en raiſon réciproque de leurs maſſes : c'eſt-à-dire, que le centre de la balle de deux onces M, doit être à la diſtance de C de 12 pouces, & le centre de la balle T de 4 onces à la diſtance de C de 6 pouces. Soient les deux petites pieces quarrées ou rectangulaires S*s* & V*v*, fixées ſur la table à la diſtance d'environ 1 ou 2 pouces derriere les balles pour les empêcher de s'échaper de la table, & que les longs côtés de ces pieces ſoient tellement fixées alternativement, que lorſqu'on fait tourner la table dans la direction marquée par la fléche, les balles ne reſtent pas en arriere, mais ſoient d'abord miſes en mouvement. Que maintenant la table ſoit tournée en rond avec une vîteſſe quelconque, les balles reſteront aux points T & M, & décriront autour de leur centre commun de gravité des cercles inégaux, (Leç. 2. n°. 32.) en proportion réciproque des maſſes, les *moments* donnés aux corps par la force centrifuge étant égaux, & (à cauſe de leurs directions contraires) ſe détruiſant mutuellement. Mais ſi l'une des balles eſt plus éloignée de C, que n'exige la proportion réciproque précédente, cette balle s'éloignera par dégrés du centre du mouvement, & entraînera l'autre avec elle, juſqu'à ce qu'elle ſoit arrêtée par le bout de la piece V*v* ou S*s*. C'eſt ainſi que la terre & la lune tournent l'une autour de l'autre, & autour de leur

centre commn de gravité, comme on l'a déja obſervé. (Leç. 2. n°. 32. LEÇON IV.

EXPÉRIENCE IX.

DONNEZ à la table un mouvement de pirouetement uniforme, & que ce mouvement ſoit continué, (ce qui peut ſe faire par le moyen d'une rouë & d'une poulie qui ſeront décrites ci-après,) & ſoit en même-tems un morceau de craye qui preſſe ſur la table, & qui ſoit tiré ſelon la ligne droite CP; par ces deux mouvements la craye décrira la ligne ſpirale CDEFP: enſuite ſi l'on fait mouvoir de nouveau la craye de la même maniere & du même côté, (comme il eſt marqué par la fléche,) & qu'en même-tems la craye ſoit preſſée ſur la table dans la même ligne PC, mais avec une direction contraire, c'eſt-à-dire, de P en C, elle décrira une autre ligne ſpirale ſemblable à la premiere, mais tournée du côté oppoſé, comme on le voit par la ligne ponctuée. Planche 24. Figure 12.

COROLLAIRE.

DELA il ſuit que ſi un corps qui a une force centrifuge, par laquelle il s'écarte, ou une force centripéte par laquelle il s'approche du centre de ſon mouvement, eſt porté en même-tems circulairement par une force qui lui donne un mouvement circulaire, il s'écarte du centre par une ligne ſpirale dans le premier cas, & il s'en approchera par une ligne ſpirale dans le ſecond cas.

EXPÉRIENCE X.

SUR un morceau de planche AEK, qui a en-deſſous une piece en travers, pour élever ſon extrémité AE la plus large à un angle de 15 ou 20 dégrés au-deſſus de la poſition horizontale; on attache 3 tubes AK, CK & EK, fermés par le haut aux deux bouts. Dans le premier il y a un petit cylindre de liége, qui peut gliſſer aiſément en haut & en bas dans le tube: Dans celui CK il y a un petit cylindre de plomb mobile de la même maniere: & dans le tube EK il y a un pouce ou deux de vif-argent renfermé dedans. Cette planche a ſous elle une vis, qui paſſant par un des trous de la table, (tels que ceux marqués A & B dans la *Planche* 23. *Figure* 13.) eſt arrêtée par un écrouë, enſorte que la planche des tubes ſoit fortement attachée à la table. Enſuite Planche 24. Figure 13.

LEÇON IV. lorsque le liége, le plomb & le vif-argent, sont dans la partie du tube la plus proche du centre du mouvement, on fait pirouetter la table en rond, & ces corps après quelques tours sont portés aux extrémités des tubes les plus éloignées du centre ; quoiqu'elles soient de 3 ou 4 pouces plus élevées que les extrémités en K. Placez entre les tubes B K & D K, dont le premier étant rempli d'eau, a en-dedans un cylindre de liége ; & le second a un ou deux pouces d'huile, le reste étant rempli d'eau. Au commencement, (lorsque la table est en repos,) le liége & l'huile sont en B & D, qui sont les bouts les plus élevés des tubes, & les plus éloignés du centre ; mais lorsque la table tourne en rond, le liége & l'huile vont vers le centre en K, parce que la plus grande force centrifuge de l'eau, (qui est plus grande que celle du liége, & que celle de l'huile,) doit donner au liége & à l'huile une direction centripéte, comme on l'a expliqué dans l'Expériénce des différentes liqueurs dans le verre de la *Figure* 10.

7. M. *Descartes* tâche d'expliquer le mouvement des planetes autour du soleil par un *tourbillon* de la matiére celeste, en supposant que le soleil tournant autour de son axe, donne un mouvement circulaire à toute la matiére celeste qui est autour de lui, & qui s'étend jusqu'à *Saturne* & au-delà ; & que ce tourbillon de matiére étant sans aucun vuide (car il soutient le *plein*) entraîne avec lui les planétes, & est par ce moyen la cause de leur mouvement autour du soleil. Ceux qui ne se donnent pas la peine d'examiner les choses à fond, croyent que les tourbillons sont la cause du mouvement des planétes ; parce que lorsqu'il y a des tourbillons dans les rivieres & dans les étangs, nous voyons que les pailles, les petits fétus, les scieures de bois & autres corps legers sont entraînés circulairement en flottant sur l'eau, & par conséquent on s'imagine qu'il est fort probable que les planetes doivent être entraînées circulairement de la même maniére dans le Ciel. Mais si l'on applique les expériences & les observations à la théorie des tourbillons, on trouvera qu'ils ne suffisent pas pour expliquer les mouvemens des planetes.

En premier lieu, on doit supposer que les Planetes sont plus denses que la matiere du *tourbillon* ; & alors il doit leur arriver la même chose que l'on voit dans le liége, ou le plomb, ou le vif-argent contenus dans des tubes de verre, & tournés en rond sur la table. Car les tubes pleins d'air étant tournés circulairement, contiennent

contiennent une partie d'un *tourbillon* d'air, dans lequel les corps qui y ſont mûs ſont de différentes gravités ſpécifiques, mais tous plus peſants ſpécifiquement que les parties du *tourbillon ;* & ces corps ſe mouvant circulairement, & étant en même-tems agités par une force centrifuge, s'écartent continuellement du centre du tourbillon par une ligne ſpirale. Ainſi les planétes étant plus peſantes ſpécifiquement que les parties du *tourbillon*, s'écarteront continuellement du ſoleil, en décrivant une ligne ſpirale. Mais puiſque cela n'arrive pas, ſuppoſons que les planétes ſoient toutes plus rares que la matiere du *tourbillon*, il s'enſuivra que comme les parties du tourbillon ſeront plus denſes que les planétes, leur force centrifuge donnera aux planétes une direction centripéte, & ainſi elle les approchera continuellement du ſoleil par une ligne ſpirale, juſqu'à ce qu'elles tombent dans le ſoleil, de la même maniere que le liége & l'huile dans leurs tuyaux reſpectifs pleins d'eau, ſont pouſſés vers le centre ; car on voit par l'expérience que la force centrifuge de l'eau leur donne une tendance contraire, par laquelle ils s'approchent continuellement du centre en ligne ſpirale. LEÇON V.

Il ne reſte plus pour ſoutenir l'*hypotheſe cartéſienne*, que de ſuppoſer que les planétes ont la même denſité que les parties du *tourbillon ;* & dans le fonds ſi tout eſt *plein*, comme M. *Deſcartes* le ſuppoſe, tous les corps ſeront également pleins, & il n'y aura rien de ce que nous appellons différentes gravités ſpécifiques ; car tous les corps de même volume, ayant la même quantité de matiere, peſeront également ; & dans cette ſuppoſition il s'enſuit que les planétes formant en haut une partie du *tourbillon* lui-même, ſeront mûës avec les parties voiſines du tourbillon ; & quoiqu'au commencement les parties du tourbillon, qui ſont les plus proches du ſoleil, doivent ſe mouvoir plus vîte,* cependant à la fin tout le tourbillon ſera mû circulairement comme un corps ſolide ou une ſphére, dont les parties les plus éloignées du centre feront leurs révolutions dans le même tems que celles qui en ſont les plus proches ; ce qui doit être la conſéquence du *plein*. Enſorte que toutes les planétes auront à la fin leurs tems périodiques égaux, ce qui eſt contraire aux obſervations ; car les tems périodiques des révolutions des planétes ſont toutes différents. Mercure qui eſt le plus près du ſoleil, fait ſa révolution preſque 120 fois plus vîte que ſaturne, qui en eſt le plus éloigné. En un mot, voici la proportion de leurs diſtances & révolutions ;

* Note 2.

LEÇON V. *Les quarrés des tems périodiques des planètes principales autour du soleil, & des satellites autour de jupiter & de saturne*, sont comme les cubes de leurs distances au corps central respectif. *

* Note 2.

8. PUISQUE l'*hypothese cartesienne* ne suffit pas pour expliquer la cause du mouvement des corps celestes, nous devons faire voir quelle en est la cause réelle, & cela non pas par des conjectures, mais par les observations & les expériences. On voit évidemment par ce qui a déja été dit, & par les conséquences que nous allons tirer de la seconde loy de nature, que la pesanteur ou l'attraction vers le soleil, retient chaque planéte (ou même chaque cométe) dans son orbite autour du soleil, (aussi-bien que les satellites autour de leurs planétes principales, notre lune étant également un satellite de la terre,) pendant que la force projectile fait un effort continuel pour les écarter le long de la tangente; mais il faut auparavant expliquer les différentes loix relatives aux forces centrales, par les Expériences suivantes, après que nous aurons décrit la machine propre à faire ces Expériences.

Description de la Machine.

Planche 25. Figure 1.

LA machine pour les forces centrales est composée d'un chassis de bois très-solide CABDHGKEF, triangulaire en haut & en bas. Sur la piece verticale G *a*, il y a au sommet une roue G, qui (par le moyen de la corde GKHG) lorsqu'elle tourne circulairement, donne un mouvement circulaire aux poulies & aux fuseaux KL & HJ, ensorte qu'elle les fait mouvoir ou avec des vîtesses égales, ou avec des vîtesses qui sont comme 2 à 1, comme 3 à 1, ou comme 3 à 2, parce que dans la poulie K il y a deux rainures, l'une de 3, & l'autre de deux pouces de diametre, & dans la poulie H il y en a aussi deux, l'une de 6, & l'autre de 3 pouces de diametre. Il y a deux pieces MN, *mn* (que nous pouvons appeller porte-planétes) d'environ 30 pouces de longueur, qui doivent être arrêtées à vis sur les poulies K, H, ensorte qu'elles tournent circulairement avec elles. Ces pieces ont chacune une tour quarrée S, *s*, avec une petite poulie au haut & au bas pour conduire un cordon depuis les poids S, *s* jusqu'aux balles de cuivre P & *p* (que nous appellerons ici planétes) ensorte que lorsque P & *p* vont vers N ou *n*, les poids sont tirés en haut de leurs bases, qui sont environ un pouce au-dessus du bas de

tours, & qui s'élevent en-dedans des tours, jusqu'à ce que la piece qui porte le poids frape le haut de la tour ; chaque balle ayant deux petites aîles avec des trous pour glisser aisément le long des fils de fer, qui vont d'un bout à l'autre de la piece porte-planéte, passant par les deux plans perpendiculaires de cuivre M & N, & par les tours à la distance d'environ $\frac{1}{4}$ de pouce de la surface de la piece porte-planéte. LEÇON V.

N. B. *On n'a marqué ici que l'une des aîles & l'un des fils de fer sur chaque piece, pour éviter la confusion.*

IL y a aussi des colliers de cuivre en H & K, dans lesquels tournent les cous des fuseaux (qui sont d'acier), avec des vis de fer qui entrent dans des écrouës de cuivre en L & J, avec de petits trous pour recevoir le bas des fuseaux.

La seconde Figure représente un peu plus que la moitié de l'une des pieces porte-planétes, divisée en pouces des deux côtés depuis le centre. B*b* est le plan perpendiculaire de cuivre à l'un des bouts, par où passent les fils horizontaux W w, W w, pour porter la planéte P par ses aîles percées L L, pendant que le cordon qui passe par le milieu de la planéte, est attaché, en le faisant entrer dans une petite pointe *p* pour donner à la planéte une certaine distance de T, centre de son mouvement, avant qu'elle se meuve circulairement lorsqu'on fait tourner la roue G (dans la *Figure* 1.) S*s* représente la coupe de la tour de cuivre attachée au bois par une cheville traversiere, dont on voit la tête en *s*. T est la base ou la plaque qui doit soutenir la piece qui porte le poids, laquelle est représentée dans la *Figure* 4. & consiste dans une piece circulaire & dans une tige percée pesant deux onces, & sur laquelle on peut faire glisser différents poids de plomb, comme X (*Figure* 5.) On peut voir aussi en T (*Figure* 2.) la petite poulie sous laquelle passe le cordon.

La troisiéme *Figure* est une coupe verticale de l'une des tours quarrées S*s*, avec le poids X, la piece X*x* qui porte le poids, une partie de la piece porte-planéte, la poulie & le fuseau en-dessous, une petite poulie est attachée au bois en T sous la plaque sur laquelle les poids reposent : une autre est soutenuë par un bras de fer V S au-dessus du trou S, au plus haut de la tour : Ensorte que le cordon venant de la planéte P, passe premierement sous la poulie T, ensuite par la tige percée de la piece qui porte le

LEÇON V.

poids, & delà par le trou qui eſt au plus haut de la tour, enſuite au-deſſus de la poulie S ; delà encore au haut de la tige de X, où il eſt attaché. En obſervant cette Figure, on voit aiſément que ſi la planéte P ſe meut tant ſoit peu dans la direction P Q, la piece qui porte le poids X s'élevera en haut vers S.

LA table tournante, dont nous avons déja fait mention, (*Planche* 23. *Figure* 13. & *Planche* 24. *Figures* 8, 11, 12, 13,) pour faire diverſes Expériences, tourne mieux en rond étant placée à vis au haut de l'un des fuſeaux L K, ou J H à la place de la piece porte-planéte M N ou *m n*.

LA ſixiéme *Figure*, *Planche* 25. repréſente la coupe de la rouë & d'une partie de la piece horizontale, la partie ſupérieure du chaſſis qui porte la rouë & le bout ſupérieur de la piece qui la ſoutient, marquée L L L, l'aiſſieu de la rouë & le collier quarré gliſſant *g*, qui eſt mobile ſur le fer quarré horizontal H J, attaché au bois par une écrouë & une cheville en J, & par deux vis en bois H *h*.

N. B. *Il y a une vis dans la piece gliſſante g, pour fixer le centre de la rouë, lorſqu'elle eſt portée en avant ou en arriere.*

Quoiqu'il n'importe pas de quelle grandeur ſoit la machine ci-devant décrite, pourvû que ſes parties ſoient proportionnelles ; cependant en faveur de ceux qui voudroient en faire une ſemblable, je donne ici les meſures des principales parties de la mienne, en pouces d'Angleterre.

Planche 25. Figure 1.

L'EPAISSEUR du bois de tous les côtés d'environ 1 pouce, excepté le pied en A & D, où il a deux pouces d'épaiſſeur.

M N = *m n* = 30 pouces. K H = 33 (6 pouces. K L = J H = 8 (5 pouces. A D = 34 (9 pouces. A C = C D = 27 (2 pouces. B C = 24 (8 pouces. Le diametre de la rainure de la rouë G = 14 pouces. La largeur de la piece porte-planéte M N ou *m n* = 2 (3 pouces. Les rainures de la poulie K, l'une de 2, & l'autre de 3 pouces. Rainures de H, l'une de 6, & l'autre de 3 pouces. Hauteur A K = H D = 13 pouces. Hauteur des tours S ou *s* au-deſſus de la planche M N, *m n* 5 (8 pouces. Largeur des tours = 2 (3 pouces. On ſe ſert de 4 planétes

de cuivre, dont deux pesent chacune 2 onces *troy*, & les deux autres chacune 4 onces *troy*. La plaque qui porte le poids & la tige pese deux onces, & chaque poids de plomb (tel qu'il est représenté par la *Figure* 5.) pese aussi deux onces.

Ce qu'il faut considérer dans l'usage de cette Machine.

9. Les poids dans chaque tour doivent représenter le soleil, dont on voit l'attraction par la force avec laquelle le poids résiste à l'action de la balle P ou *p* (qui représente une planéte) laquelle fait effort pour l'élever par le cordon P T S *x*, (*Figure* 3.) lorsqu'elle reçoit une force centrifuge par le mouvement circulaire de la roue G. De sorte qu'en plaçant des poids égaux ou inégaux dans les tours; en employant des planétes égales ou inégales, comme P ou *p*; & en prenant leurs distances égales ou inégales en différentes proportions; & les tems périodiques égaux ou inégaux (à mesure que le cordon de la roue passe autour de poulies égales ou inégales,) on peut faire voir par des Expériences les loix des forces centrales, que *Newton* a démontré mathématiquement dans les *principes*. Planche 25. Figure 3.

En considerant les forces centrales des corps, (par exemple des planétes principales par rapport au soleil, & des lunes par rapport à leurs planétes principales) qui se meuvent autour des autres corps qui ont des influences sur eux, nous avons trois choses à observer. 1°. Le tems périodique, ou les tems que les corps employent à faire leurs révolutions. 2°. La quantité de matiere dans les corps qui roulent. 3°. La distance des corps au centre de révolution.

Expérience XI.

1°. Rendez les tems périodiques égaux, en plaçant le cordon de la roue sur la rainure de 3 pouces de chaque poulie, la croisant devant chaque poulie pour lui faire mouvoir les poulies avec plus de force, mais ensorte que les poulies puissent toutes deux tourner du même côté que la piece porte-planétes, sans en défaire la vis. Ensuite ne mettez dans chaque tour que la piece qui porte le poids: & enfin, vous attacherez à leurs cordons une balle de cuivre de 2 onces, comme P & *p*, à la distance de 12 pouces au centre de chaque piece porte-planéte. Ainsi vous aurez *les tems périodi-*

LEÇON V. *ques, les quantités de matiere, & les distances au centre égales.* Donnez un mouvement circulaire à la rouë G, & les planétes par leur force centrifuge éleveront les poids S & *s* au même instant de tems; ce qui fait voir que *dans ce cas les forces centrifuges sont égales*

N. B. *Si sur chaque piece porte-poids vous placez un ou deux ou plusieurs poids égaux, (comme ceux marqués par la Figure 5.) les planétes les éleveront toujours au même instant, pourvû qu'on tourne la rouë plus vîte à proportion qu'il y a plus de poids.*

EXPÉRIENCE XII.

2°. METTEZ au lieu de *p* une balle de 4 onces & un poids double dans la tour *s q*; tournez ensuite la rouë, & les deux poids s'éleveront tout-à-la-fois. Cela fait voir que *lorsque les quantités de matiére dans les planétes sont inégales, mais que les distances & les tems périodiques restent toujours égaux, la force centrifuge est proportionnelle à la quantité de matiere.*

EXPÉRIENCE XIII.

3°. OTEZ la balle de 4 onces, & servez-vous encore de *p*; mais ne la placez qu'à 6 pouces du centre. Otez le poids additionnel de *s*, & ajoutez-le à S; c'est-à-dire, faites que le poids S, qui a P à 12 pouces de distance, soit = 2 onces: & ensuite tournant la rouë, ils s'éleveront tous deux en même-tems. Par où l'on voit clairement, que si *les tems périodiques, & les quantités de matiere* continuent d'être les mêmes, mais que les distances soient différentes, les forces centrifuges seront comme les distances.

EXPÉRIENCE XIV.

4°. A la distance de 6 pouces, où *p* étoit en dernier lieu; substituez à *p* une balle de 4 onces, & placez des poids égaux dans les deux tours; alors en tournant la rouë, les deux poids s'éleveront en même-tems; ce qui fait voir que *lorsque les tems périodiques sont égaux, & que les distances au centre sont réciproquement comme les quantités de matiere dans les planétes, les forces centrifuges sont égales.*

EXPÉRIENCE XV.

ENFIN changez le cordon qui eſt ſur la poulie H, & placez-le dans la rainure de 6 pouces de diametre, enſorte que le tems périodique de la planéte *p* ſoit double de celui de la planéte P, laquelle aura le double de vîteſſe, ſi ſa diſtance au centre eſt la même; ce qui doit s'obſerver dans cette Expérience.

Placez 8 onces dans la tour S Q, & ſeulement 2 dans la tour *s q*, les planétes égales P & *p* étant alors chacune à 12 pouces de diſtance du centre. Tournez la roue, & les deux poids s'éleveront tout à la fois; ce qui fait voir que *les planétes qui ont une égale quantité de matiere, & la même diſtance au centre, mais différents tems périodiques, ont leurs forces centrifuges en raiſon réciproque des quarrés de leurs tems périodiques; c'eſt-à-dire en raiſon directe du quaré de leurs vîteſſes.*

COROLLAIRE.

DELA il ſuit que ſi la même planete change de vîteſſe dans la même orbite, ſa force centrifuge augmentera ou diminuera ſelon le quarré de la vîteſſe que la planete a dans cette partie de ſon orbite.

SCHOLIE.

LORSQUE l'on compare la derniere Expérience avec la 13e, & que l'on trouve que la planete *p* (décrivant un cercle de 12 pouces de rayon en même-tems que P en décrit un de 6 pouces) éleve le double du poids, parce que ſa vîteſſe eſt double; il doit paroître étrange que dans la derniere expérience, ou P (décrivant deux fois un cercle de 12 pouces de rayon, pendant que *p* ne décrit qu'une fois le même cercle) n'a que le double de la vîteſſe de *p*, & cependant il éléve un poids quadruple; mais cette proportion (qui eſt d'un grand uſage dans l'explication du mouvement des corps celeſtes) ſe tire clairement de la premiere Loi, & de ce que nous avons dit ſur cette Loi.

Autour du corps ſuppoſé en M (*Planche* 24. *Figure* 7.) ou du centre M, ſoit une planete qui roule dans le cercle F J N; il eſt clair que lorſqu'elle décrit l'arc F J, ſa force centrifuge eſt repréſentée par la ligne H J: ſi l'on ſuppoſe enſuite que la même

Planche 24. Figure 7.

Leçon V.

planete décrit l'arc *f i n* d'un rayon double dans le même tems, il eſt évident qu'elle aura une vîteſſe double, & que par conſequent elle décrira l'arc *f n* de ce cercle dans le même tems qu'elle décrit F J du petit cercle; en ſorte que maintenant *g n* qui eſt double de H J ou *h i* (parce que les triangles *f g* M & F M, auſſi-bien que les arcs *f n* & F J ſont ſemblables) repreſenrera la force centrifuge qui eſt double de ce qu'elle étoit dans le petit cercle. Mais ſi au lieu de décrire le grand cercle, la planete décrit le petit cercle avec une vîteſſe double en parcourant deux fois le petit cercle F J N dans le même tems qu'elle le parcouroit une fois auparavant, elle décrira l'arc F N du nombre double de degrés au lieu de F J, & comme l'ac F N (quoique de la même longueur) eſt deux fois plus court que *f n*, la planete en N s'éloignera de la tangente deux fois autant que ſi elle avoit été en *n*, par conſéquent quatre fois autant que lorſqu'elle étoit en J avec la moitié de la vîteſſe. Donc la force centrifuge en N : ſera à la force centrifuge en J : : comme G N : eſt à H J; ou comme 4 : à 1.

N. B. *Cela n'a lieu que dans les petits arcs, tels qu'on ſuppoſe ceux* F J *&* F N ; *mais alors on ne doit la conſidérer que dans ces ſortes d'arc de corde.*

On peut faire avec cette machine pluſieurs autres expériences relatives aux forces centrales; mais celles-ci ſuffiſent quant à preſent à notre deſſein. Cependant en faveur des Curieux nous en donnerons quelques autres dans les notes.*

* Note 3.

Seconde Loy de mouvement.

10. *Le changement de mouvement eſt toujours proportionel à la force mouvante imprimée, & il ſe fait dans la ligne droite ſelon laquelle cette force eſt imprimée.*

Si une force produit un mouvement, une force double produira un mouvement double, une force triple un mouvement triple, &c. ſoit que cette force ſoit imprimée toute à la fois ou ſucceſſivement & par degrés. Ce mouvement étant toujours dirigé du même côté que la force generatrice) ſi le corps ſe mouvoit auparavant, eſt ajouté au premier mouvement ou en eſt retranché, ſelon qu'ils conſpirent directement enſemble ou qu'ilsſont directement

tement contraires l'un à l'autre ; ou il se joint obliquement si ces mouvemens sont obliques ; en sorte qu'ils produisent un nouveau mouvement composé de la détermination des deux. LEÇON V.

11. SOIT le corps A (*Planche* 25. *Figure* 7.) qui reçoit une impulsion dans la direction AL, en sorte qu'il parcoure un espace déterminé dans un tems déterminé, par exemple, l'espace AB ou une perche ($16\frac{1}{2}$ pieds) dans une seconde de tems. Le corps selon la premiere Loi, en vertu de la force qui lui est imprimée, décrira uniformément les espaces AB, BC, CD, DE, EF, FG, GH, HJ, JK, KL, &c. en sorte qu'il décrira chacun de ces espaces (en les supposant tous égaux) dans une seconde, & ainsi de suite *à l'infini*. Maintenant lorsque le corps est en mouvement, si la même force qui agissoit sur lui au commencement ou une autre force égale, agit de nouveau sur lui dans la même direction, lorsqu'il est en B par exemple, alors le corps décrira un double espace, c'est-à-dire, l'espace BD dans une seconde, & de même DF, FH, HK, &c. dans chaque seconde, c'est-à-dire, qu'il aura une vîtesse double ; parce que pendant qu'il alloit à raison d'une perche par seconde, il a reçu une addition de force capable de le faire aller aussi une perche par seconde, & par conséquent cette addition de ces deux forces qui conspirent ensemble, doit donner au corps une vîtesse double. Si le corps en mouvement étant en B, a reçu la seconde impulsion par une force double de la premiere, il décrira après cette impulsion dans chaque seconde les espaces BE, EH, HL, &c. c'est-à-dire, qu'il aura une vîtesse triple. Si après avoir reçu la seconde impulsion avec une force égale à la premiere, pendant qu'il va avec une vîtesse double (par exemple, en décrivant l'espace BD ou DF, &c. dans une seconde) il reçoit une troisiéme impulsion (toujours dans la même direction) égale à la premiere, il ira de D en G, & ainsi de suite de G en K, &c. dans chaque seconde de tems, c'est-à-dire, avec une vîtesse triple, après trois impulsions égales, précisément autant qu'il auroit fait s'il n'avoit reçu qu'une impulsion au commencement, mais trois fois plus grande qu'on ne l'a supposée. Planche 25. Figure 7.

12. SI pendant que le corps par la force imprimée, parcourt (par la premiere Loi) uniformément les espaces AB, BC, &c. une force égale à la force imprimée agit sur lui dans la direction LA, (c'est-à-dre, dans une direction contraire) le corps perdra

LEÇON V.

tout son mouvement. Mais si cette derniere force n'agit sur lui qu'après qu'il a reçu diverses impulsions selon la premiere direction, elle ne détruira qu'autant de mouvement que sa propre quantité de force est capable d'en produire : par exemple, si le corps après trois impulsions parcourt les espaces D G, G K, &c. c'est-à-dire, 3 perches dans une seconde, & qu'alors il reçoive une quatriéme impulsion, mais dans un direction contraire, il ne perdra qu'autant de mouvement qu'il en faut pour ne plus parcourir que deux perches par seconde, & pour continuer d'aller en avant uniformément avec cette vîtesse, tout comme s'il n'avoit reçu que deux impulsions. De plus, si pendant qu'il s'avance de trois perches par seconde, il reçoit deux impulsions toute à la fois égales à la premiere, mais dans des directions contraires, l'une dans la premiere direction & l'autre dans la direction opposée, ces forces se détruiront mutuellement, & le corps ira uniformément avec la même vîtesse qu'il avoit avant ces impulsions, c'est-à-dire, à raison de 3 perches par seconde.

N. B. *On ne fait ici aucune attention à l'électricité que le corps peut avoir.*

13. SUPPOSONS maintenant que le corps se meuve uniformément à raison d'une perche par seconde, ou en décrivant les espaces A B, B C, &c. Supposons encore qu'étant en E, une nouvelle force égale à la premiere (ou à celle que le corps a alors) agisse sur lui dans la direction E *e*, ou à angles droits avec sa direction presente A L; le corps changera de direction, & décrira (comme on l'a fait voir) la diagonale E *f* du parallélograme achevé E *e f* F (*Leçon* 3. n°. 85. *Leçon* 5. n°. 3.) Si la nouvelle force avoit été double, le corps auroit décrit la diagonale E *f* du parellélograme E *e f* F. Mais si elle n'avoit été que la moitié de la premiere force imprimée, le corps n'auroit parcouru que la diagouale E φ du parallélograme E φ F.

COROLLAIRE I.

DE LA il suit que quelle que soit la quantité de la nouvelle force, si elle agit à angles droits, la vîtesse sera plus grande que si le corps avoit continué dans sa premiere direction rectiligne; parce que (comme on l'a fait voir *Leçon* 3. n°. 85.) le corps

par l'action des deux forces décrira la diagonale dans le même tems qu'il auroit décrit l'un des côtés du parallélograme par la la seule action de l'une des forces ; & dans les parallélogrames Eφ, Ef, EF, les diagonales sont plus longues que les côtés, étant opposés à l'angle droit (c'est-à-dire, au plus grand angle) des triangles rectangles EFφ, EFf, & EFf, (par la 19 du L. 1. Eucl.)

N. B. *Lorsque nous employons ces mots* Force imprimée *ou* Force naturelle, *nous entendons la force que le corps a, lorsqu'il est en mouvement, sans considérer ce qui lui a donné le mouvement ; c'est-à-dire, que nous entendons la même chose que* Newton *appelle* vis insita.

COROLLAIRE II.

De la il suit que si la nouvelle force agit à angles aigus, son effet sera d'autant plus considérable que l'angle sera plus aigu ; mais elle n'augmentera jamais la vîtesse du corps, autant que si elle agissoit sans angle ou dans la même direction. Par exemple, supposant que la nouvelle force est égale à *la force imprimée*, & que sa direction est dans la ligne Fg, GFg sera l'angle aigu formé par les deux directions. Maintenant il est évident que plus l'angle GFg est petit, plus aussi l'angle FGg sera grand, & par conséquent la diagonale Fg (qui exprime la vîtesse du corps) laquelle est opposée à cet angle ; mais tant qu'il y a un angle aigu en F, il y a aussi un angle obtus en G, & GFg sera un triangle dont un côté Fg sera toujours moindre que les deux autres côtés Fg & Gg (par la 20. du 1. Euc.) qui sont égaux aux deux FG & GH, par où va le corps, lorsque les deux forces agissent dans la même direction en même-tems.

COROLLAIRE III.

Il suit aussi que la nouvelle force peut agir sur le corps dans une telle direction qu'il n'en sera point acceleré par ce moyen, & que même il en sera quelquefois retardé. Car si la nouvelle force ne conspire point avec la force imprimée, en agissant à angles aigus avec sa direction, & si elle n'agit pas avec elle à angles droits, le corps peut conserver sa vîtesse, quoique dans une direction nouvelle, & même il peut aller plus lentement

LEÇON V. lorſque la nouvelle force agit à angle obtus. Suppoſons, par exemple, que la nouvelle force égale à la force imprimée, agiſſe lorſque le corps eſt en mouvement en K, dans la direction K *k*, en ſorte que l'angle obtus L K *k* ſoit de 120 degrés; alors la diagonale K J du parallélograme K *k l* L ſera égale au côté K L, parce que K L *l* & K *k l* ſont deux triangles équilateraux, & par conſéquent le corps aura la même vîteſſe qu'auparavant. Mais ſi (tout le reſte ſubſiſtant comme nous l'avons ſuppoſé) la nouvelle force eſt moindre que la force imprimée; ſi elle n'en eſt, par exemple, que la moitié, la vîteſſe du corps ſera diminuée; car alors K *k* repreſentant la nouvelle force, K *l* ſera la diagonale du parallélograme (qui eſt à preſent K L *l k*;) & K *l* tombant de K, qui eſt un angle d'un triangle équilatéral ſur le milieu de ſon côté oppoſé, ſera plus court qu'aucun des côtés; *donc*, &c. Si la nouvelle force étoit plus ou moins grande que la moitié dans une proportion quelconque, la vîteſſe du corps en ſeroit à la verité diminuée, mais non pas autant; car alors le point *l* tomberoit entre L *l* ou entre L *l*, & dans chacun de ces cas la diagonale ſeroit plus longue que K *l*, parce que K *l* eſt perpendiculaire à L *l*, & que cette diagonale lui ſeroit oblique, & par conſéquent plus longue, quoique toujours plus courte que le côté K L.

Si la nouvelle force avoit été plus grande que la force imprimée, par exemple double, le corps (en ſuppoſant l'angle d'application le même) auroit augmenté ſa vîteſſe par l'action de cette force; car la nouvelle force étant repréſentée par K 1, la diagonale ou vîteſſe auroit été K 2, plus longue que K L. Mais à preſent ſi la direction de cette grande force (en la ſuppoſant maintenant diminuée dans la proportion de L 2 à L K) étoit plus oppoſée à la direction de la force imprimée; c'eſt-à-dire, ſi l'angle L K 1 étoit augmenté, par exemple de 30 degrés de plus, en ſorte qu'il devînt L K 3, alors le corps ne changeroit pas de vîteſſe avec ſa nouvelle direction, parce qu'il ſuivroit la diagonale K *k* qui eſt égale à K L, & même ſi l'angle d'application étoit plus grand que L K 3, ou de plus de 150 degrés, la vîteſſe du corps ſeroit diminuée, la nouvelle diagonale devenant plus courte que K *k*. Si la nouvelle force n'étoit égale qu'à la force imprimée, & que ſa direction fût K 4, c'eſt-à-dire, ſi l'angle d'application étoit de 150 degrés, la vîteſſe du corps ſeroit diminuée de preſque la moitié, la diagonale K 5 n'étant alors qu'un peu plus

de la moitié de K *l* (= K L), parce qu'elle eſt oppoſée à l'angle K L 5, qui n'eſt que la moitié de l'angle K L *l*. LEÇON V.

N. B. *Connoiſſant l'angle d'application & la moitié de la nouvelle force, on peut toujours connoître ce que deviendra la vîteſſe du corps après l'action de la nouvelle force; parce qu'on connoît toujours la diagonale qui la détermine; étant un côté d'un triangle, dont les deux autres côtés, qui repréſentent les deux forces, ſont donnés avec l'angle qu'elles font enſemble, & par conſéquent on aura le 3e côté (par la 15 & 17 du L. 1. Eucl.) qui eſt cette diagonale. L'angle connu contient toujours le nombre de degrés qui manquent à l'angle d'application pour aller à 180. Ainſi dans le triangle K *k* L, ou K L & L *k* (= K 3) repréſentent les forces (à cauſe des paralléles K 3 & L *k*) l'angle K L *k* eſt égal à J K 3 qui eſt le ſupplément de L K 3 à 180 degrés; & par conſéquent la diagonale K *k* oppoſée à cet angle eſt connue.*

14. ON a obſervé que lorſqu'un corps tombe, il décrit dans une ſeconde un eſpace égal à 16 $\frac{1}{2}$ pieds d'*Angleterre* ou une perche, comme nous l'avons déja dit.* Donc la force imprimée par la peſanteur au commencement de ſa chûte (en ne conſidérant la peſanteur que comme un coup) eſt capable de faire deſcendre le corps à raiſon d'une perche par ſeconde; (par la 1ere Loi) ſi elle n'agiſſoit ſur lui que durant la premiere ſeconde; c'eſt-à-dire, ſi le corps ceſſoit d'être peſant pour toujours, par exemple, ſi le corps A (*Planche 25. Figure 8.*) décrit en tombant l'eſpace A B pendant la premiere ſeconde de ſa chûte, & qu'il ceſſe alors d'être peſant, il décrira des eſpaces égaux à A B durant toutes les ſecondes ſuivantes; c'eſt-à-dire, les eſpaces B *c*, *c* D, D *e*, *e f*, *f* G, G *h*, *h i*, *i k*, *k* L, &c. Mais comme le corps ne ceſſe pas d'être peſant, on doit conſidérer l'action de la peſanteur, comme une impulſion donnée par une nouvelle force égale à la premiere, agiſſant en bas lorſque le corps eſt arrivée en B au commencement du ſecond tems, & le corps pendant cette ſeconde décrira l'eſpace B D, double de l'eſpace A B, ou égal aux deux eſpaces B *c* & *c* D. Enſuite ſi le corps ceſſoit d'être peſant, il décriroit uniformément Planche 25. Figure 8.

* Les corps dans la réalité ne tombent que de 16 pieds & un dixiéme dans une ſeconde; mais nous prenons cet eſpace pour 16 pieds & demi, parce qu'une perche (qui eſt une meſure de 16 pieds & demi) nous donne un nombre qui évite les fractions dans les exemples de calcul que nous donnerons.

LEÇON V.

les espaces doubles D *f*, *f h*, &c. chaque seconde ; mais la pesanteur agissant aussi sur lui au commencement de la 3e seconde, lorsqu'il est en D, lui ajoute une force capable de lui faire parcourir dans une seconde un espace égal au premier A B : par conséquent il décrira 3 espaces ou perches (ou l'espace D G égal à 3 perches) dans la 3e seconde. Au commencement de la quatriéme seconde, la pesanteur agissant par une quatriéme impulsion, ajoute une nouvelle force égale à la premiere ; ce qui fait qu'il doit parcourir la longueur G L, ou quatre perches ou espaces dans la quatriéme seconde, & ainsi de suite, (n°. 11.) & ce sera là un mouvement uniformément accelerè.

Ce mouvement d'un corps ainsi accelerè dans sa chûte seroit le mouvement réel des corps qui tombent, si la pesanteur n'agissoit que par intervalles, comme nous l'avons supposé, pour aider à l'imagination : mais comme elle ne cesse pas d'agir, nous devons remplir les intervalles entre le commencement & la fin de chaque seconde ou petite partie du tems.

Planche 25. Figure 9.

Ainsi en considérant que le corps décrit l'espace A B (*Planche 25. Figure 9.*) dans la premiere seconde, nous ne devons pas seulement considérer la pesanteur comme un nouvelle force capable de faire parcourir au corps une perche de plus au commencement de chaque seconde ; mais aussi durant tout le tems de chaque seconde. Par exemple, en B au commencement de la seconde seconde, le corps ne reçoit pas seulement une impulsion additionnelle pour le porter en *d* au lieu de *c*, mais encore durant le tems de la seconde seconde, il reçoit une autre impulsion qui le porte en E au lieu de *d* ; en sorte que le corps décrit 3 perches durant la seconde seconde. De même au commencement de la troisiéme seconde lorsque le corps est en E, il reçoit encore de la gravité une impulsion au commencement de cette seconde, & une autre pendant le tems de la seconde ; en sorte qu'il décrira cinq espaces E *f*, *fg*, *g h*, *hi* & *i* K durant le tems de cette troisiéme seconde. Ainsi dans le tems de la quatriéme seconde, le corps (par la même raison) décrira sept espaces ou perches de K en R, & ainsi de suite ; le nombre des espaces parcourus augmentant de deux à chaque seconde ; c'est-à-dire, selon la suite des nombres impairs 1, 3, 5, 7, 9, &c.

Comme la plûpart de mes Auditeurs, quoique fort curieux, ne sont pas exercés dans l'Etude des Mathématiques, j'ai toujours trouvé qu'il était très-difficile de leur faire comprendre l'effet

de la pesanteur dans l'acceleration des corps qui tombent, par la figure des triangles de *Galilée*, sans les avoir préparés auparavant par les réfléxions que je viens de faire dans ce 14e paragraphe ; mais comme cette explication n'est pas exactement vraie, j'espere que celle qui suit contentera tout le monde. LEÇON V.

Les actions ou accelerations de toute force centripete sur un corps, sont (à mêmes distances ou à distances égales du corps central) toujours proportionnelles aux tems ; c'est-à-dire, égales en tems égaux ; & telles sont celles de la pesanteur (sensiblement) auprès de la surface de la terre.

Supposons qu'un corps tombe librement dans le *vuide*, & qu'il reçoive les impressions ou impulsions de la pesanteur pendant un certain tems, par exemple pendant toute une seconde ; si ce tems est divisé en un grand nombre de petites parties ou intervalles (que j'appelle momens ou instans) la vîtesse du corps qui tombe augmentera uniformément ou également dans chaque instant ; lesquels étant tous supposés égaux, les espaces décrits dans ces instans par la chûte du corps, seront comme les vîtesses, c'est-à-dire, comme les termes d'une progression arithmétique, telle que la suivante.

	Momens ou instans.	*Vîtesses ou espaces.*
Dont le premier terme est la vîtesse du corps qui tombe, acquise à la fin du premier instant par la somme des impulsions de la pesanteur durant cet instant.	1er.	1
	2e.	2
	3e.	3
	4e.	4
	5e.	5, &c.

Le dernier terme sera la vîtesse du corps qui tombe à la fin du dernier instant de la chûte. Et de la même maniére le terme du milieu de la progression exprimera la vîtesse acquise à la fin de la moitié du tems de la chûte, par les sommes des impulsions de la pesanteur durant la moitié du tems de cette chûte. Et puisque les espaces décrits dans le même tems sont comme les vîtesses, la somme des termes de la progression exprimera tout l'espace décrit pendant tout le tems de la chûte. Mais par la théorie des progressions, tout le monde sçait que le terme moyen multiplié par le nombre des termes, donne un produit égal à la somme de la progression ; c'est-à-dire, dans le cas present que la vîtesse moyenne (qui est celle que le corps a acquis à la fin de la moitié du tems de sa chûte) étant multipliée par le tems entier de la chûte, donnera un espace égal aux espaces parcourus

Leçon V.

par le corps pendant tout ce tems par un mouvement uniformément acceleré.

C'eſt-à-dire, en d'autres termes, *que ſi le corps s'étoit mû uniformément durant tout le tems de ſa chûte avec la vîteſſe moyenne qu'il a, lorſqu'il eſt tombé pendant la moité de ce tems, il auroit décrit un eſpace égal à celui qu'il décrit pendant tout le tems, depuis qu'il eſt ſorti de ſon repos, & qu'il a acceleré ſa vîteſſe pendant tout ce tems.*

Maintenant puiſque nous avons déja dit que les vîteſſes ou accelerations de la chûte d'un corps ſont toujours proportionnelles aux tems, la derniere vîteſſe à la fin de la chûte ſera double de la vîteſſe moyenne, acquiſe à la fin de la moitié du tems de la chûte; & par conſéquent ſi cette derniere ou plus grande vîteſſe, eſt multipliée par tout le tems de la chûte, le produit ſera l'eſpace que le corps auroit décrit avec cette derniere vîteſſe dans le même tems, & par un mouvement uniforme, lequel eſt double de l'eſpace décrit dans le même tems avec la vîteſſe moyenne, ou ce qui eſt le même, lequel eſt égal à l'eſpace décrit dans le même tems par un mouvement acceleré.

Il eſt donc évident qu'après qu'un corps eſt tombé librement pendant un certain tems, il a acquis par les accelerations égales & uniformes de la peſanteur, une vîteſſe telle qu'elle lui auroit fait décrire (dans un tems égal à celui de ſa chûte) un eſpace double de celui qu'il a parcouru dans le même tems par un mouvement uniformément acceleré.

Par où l'on voit clairement de quelle maniére le mouvement des corps qui tombent eſt acceleré, & que les eſpaces qu'ils décrivent dans chacun des tems égaux, ſont comme les nombres impairs 1, 3, 5, 7, &c. & les eſpaces entiers comme les quarrés des tems. Car ſuppoſons qu'un corps dans le *vuide* tombe par la peſanteur pendant le tems de quatre ſecondes; ſi l'on trouve qu'à la fin de la premiere ſeconde, il a décrit un eſpace égal à une perche, & que la peſanteur n'agiſſe plus ſur lui, il a déja acquis par des accelerations uniformes une vîteſſe à la fin de la premiere ſeconde, capable de lui faire décrire un eſpace égal à deux perches d'un mouvement uniforme pendant la ſeconde ſuivante. Mais ſi la peſanteur continue d'agir ſur lui durant la ſeconde ſeconde, la ſomme de ſes actions ou impulſions ſera (auprès de la ſurface de la terre où la diſtance au centre n'eſt pas ſenſiblement alterée) égale à celle des impulſions dans la premiere ſeconde, & par

conſéquent

conſéquent le corps décrira trois perches dans la ſeconde ſuivante. Mais pour trouver la vîteſſe du corps à la fin de la ſeconde ſeconde, nous devons conſidérer que puiſque par la peſanteur il a acquis une vîteſſe uniforme de deux perches par ſeconde, il aura par les actions ou impulſions reçues pendant une ſeconde, une vîteſſe double, c'eſt-à-dire, de quatre perches par ſeconde, après ſa chûte & après qu'il aura été pouſſé par la peſanteur pendant deux ſecondes de tems; en ſorte que dans la troiſiéme ſeconde (au lieu de quatre perches qu'il auroit décrit, ſi la peſanteur avoit ceſſé d'agir) il en décrira cinq, parce que durant cette troiſiéme ſeconde, les impulſions de la peſanteur ſont encore ſuppoſées égales à celles que le corps a reçu dans la premiere. De la même maniére & pour la même raiſon ſi la peſanteur ceſſoit d'agir, après avoir agi pendant trois ſecondes, le corps auroit une vîteſſe qui lui feroit décrire ſix perches dans une ſeconde (triple de deux perches par ſeconde, qui eſt la vîteſſe que la peſanteur donne par les impulſions dans une ſeconde;) mais la peſanteur agiſſant comme auparavant pendant la quatriéme ſeconde, le corps par l'addition où ſommes de toutes ces impulſions réunies décrira ſept perches; en ſorte que les tems & les eſpaces ſeront comme on va voir. LEÇON V.

Nombre de chaque ſeconde particuliere.

1 = 1ere.	1	*Perches ou eſpaces parcourus dans chaque ſeconde.*
1 = 2e.	3	
1 = 3e.	5	
1 = 4e.	7	
4 ſecondes	16 perches.	

On voit évidemment par cette progreſſion que les eſpaces entiers depuis le commencement de la chûte, ſont comme les quarrés des tems employés à les parcourir pendant la chûte des corps; car dans une ſeconde les eſpaces parcourus ſont 1 perche; dans deux ſecondes, $1 + 3 = 4$ perches (2×2); dans trois ſecondes, $1 + 3 + 5 = 9$ perches (3×3); & dans quatre ſecondes, $1 + 3 + 5 + 7 = 16$ perches (4×4). Il eſt donc vrai que les eſpaces parcourus par les corps qui tombent ſont en raiſon doublée des tems ou des vîteſſes; & au contraire que les tems ou de la chûte ou les vîteſſes acquiſes à la fin de ces tems, ſont en propor-

LEÇON V.

tion sous doublée des espaces, ou comme les racines quarrées de ces espaces.

C'est ainsi que les corps tombent réellement par un mouvement acceleré par la force de la pesanteur, si l'on fait abstraction de la resistance de l'air que nous considérerons dans la suite.

N. B. *Tous les corps tombent également vîte dans les endroits où il n'y a point d'air, comme on l'a prouvé par l'expérience d'une piece d'or & d'une plume qui tombent dans le même tems de la même hauteur dans un recipient dont on a pompé l'air.* *

* Leçon I. n°. 8.

15. CE que nous avons fait voir (pied à pied) de l'effet de la pesanteur sur les corps qui tombent, peut se démontrer autrement d'après *Galilée* en cette maniére : comme les corps (faisant abstraction de la resistance de l'air, ainsi que nous l'avons dit) augmentent leur vîtesse en tombant selon le tems pendant lequel ils tombent, *Galilée* représente les tems & les vîtesses par des lignes égales qu'il joint à angles droits ; & ensuite joignant leurs autres bouts par une troisiéme ligne droite, il forme un triangle rectangle, dont cette derniere ligne est l'hipothenuse, pour représenter l'espace parcouru par la chûte dans un certain tems. A B, par exemple, (*Planche 25. Figure 10.*) represente le tems ; B V représente la vîtesse, & le triangle A B V l'espace parcouru durant ce tems-là, par exemple d'une perche, si ce tems est d'une seconde. Maintenant si le tems est double A C le représente & alors la vîtesse étant aussi double, la ligne C V la représente encore ; menez V A & le grand triangle A V C represente l'espace parcouru dans la chûte pendant ce tems-là ; lequel plus grand espace étant divisé en triangles égaux au premier A B V, on verra qu'il en contient quatre. Donc puisqu'un corps tombant pendant une seconde de tems parcourt l'espace d'une perche, le même corps tombant pendant deux secondes décrira l'espace de quatre perches. Si le tems avoit été A D (= trois secondes) la vîtesse auroit été D v = A D, & l'espece A v D = 9 perches, ou 9 fois le premier espace. De même, si le tems étoit A E = quatre secondes, la vîtesse feroit E u quadruple de B V, & tout l'espace A u E qui contient seize fois le premier A V B.

Planche 25. Figure 10.

COROLLAIRE I.

DELA il ſuit que ſi l'on multiplie les tems par les vîteſſes, ou ſi l'on quarre les tems & les vîteſſes, on aura le nombre des eſpaces (égaux au premier) que le corps a parcouru durant toute ſa chûte : comme ici les tems étant 4 & les vîteſſes 4, les eſpaces parcourus ſont 16.

COROLLAIRE II.

DELA il ſuit auſſi que ſi l'on marque les tems (ou le nombre des ſecondes) comme le deſignent dans la figure les nombres 1, 2, 3, 4; on aura vis-à-vis de chacun des nombres particuliers, autant de petits triangles que le corps aura parcouru d'eſpaces, pendant la partie du tems exprimée par ce nombre. Par exemple, il y a à main droite un triangle vis-à-vis le nombre 1, trois vis-à-vis 2, cinq à côté de 3, & ſept à côté de 4, & pour connoître combien de perches un corps parcourt dans ſa chûte pendant une ſeconde déterminée ou une partie du tems, par exemple, dans la dixiéme ſeconde, ſans tracer la figure, il faut chercher combien de perches ſont parcourues par le corps dans tout ce tems, comme ici en dix ſecondes; enſuite combien il en a parcouru dans neuf ſecondes, & ôter le dernier nombre du premier, $10 \times 10 = 100$, nombre des eſpaces en dix ſecondes; $9 \times 9 = 81$, nombre des eſpaces en ſecondes; ôtant de 81 de 100, il reſte 19 eſpaces ou perches parcourues dans la dixiéme ſeconde.

COROLLAIRE III.

C'EST auſſi une conſéquence de ce que nous avons dit que lorſqu'un corps a parcouru dans ſa chûte un certain eſpace par un mouvement uniformément acceleré, il a acquis une vîteſſe qui le rend capable de parcourir un eſpace double dans le même tems, ſi la peſanteur ceſſoit d'agir, ou ſi ſon effet étoit détruit de quelque maniére que ce fut, ou ſi la direction du corps ſe changeoit de verticale en horizontale. Par exemple, lorſque le corps dans le tems AB décrivant par ſa chûte un eſpace repréſenté par le triangle AVB a acquis la vîteſſe BV, ſi la peſanteur ceſſe d'agir, il ne reçoit point d'augmentation à la vîteſſe; quoiqu'il continue de tomber peu dans le tems

LEÇON V.

Planche 25. Figure 10.

B C = A C ; en sorte qu'on peut représenter tout le tems par toute la ligne A C ; cependant la vîtesse ne sera plus représentée par ligne égale C V, mais par la ligne C *k* égale à B V vîtesse que le corps avoit lorsqu'il a cessé d'accelerer son mouvement ; pour connoître donc combien le corps a parcouru d'espaces dans le tems B C = A C par un mouvement uniforme, il faut multiplier B C par C *k* = B V vîtesse invariable du corps, & nous aurons le rectangle B V C *k*, contenant deux triangles égaux chacun à A V B, c'est-à-dire, que le corps décrira deux espaces en se mouvant d'un mouvement uniforme dans le tems B C égal à A B, pendant lequel le corps n'a décrit qu'un espace par le mouvement acceleré. De même si le corps ayant parcouru par sa chûte quatre espaces pendant le tems A C, & ayant acquis à la fin de ce tems la vîtesse C V ; cette vîtesse n'est plus augmentée & si le corps continue de descendre pendant le tems C E égal à A C, il décrira 8 espaces au lieu de 12 qu'il auroit décrit par sa chûte, si sa vîtesse avoit continué d'augmenter ; en sorte qu'elle seroit devenue E *u* à la fin du tems C E ; mais comme elle n'est alors que E *e*, égale à sa vîtesse C V au commencement du tems C E, nous devons multiplier le tems C E par V C ou E *e* viteſſe uniforme, & nous n'aurons que le rectangle V C E *e* qui contient 8 espaces, au lieu du trapeze C V *u* E qui en contient 12. Cela devient sensible lorsqu'on change la direction du mouvement d'un corps de verticale en horizontale ; car la pesanteur n'agissant que perpendiculairement ne peut ni accelerer ni retarder le corps dans son mouvement horizontal.

N. B. *Nous apprendrons dans la suite de quelle maniére cela peut se faire.*

COROLLAIRE IV.

ON peut aussi conclure de ce qui a été dit, que la pesanteur n'agit pas par intervalles (quoique nous l'ayons expliquée d'abord dans cette supposition, pour la faire mieux comprendre ;) car si cela étoit, après chaque impulsion le corps auroit une vîtesse uniforme, quoique plus grande qu'auparavant, & après avoir parcouru un certain espace, il n'auroit pas une vîtesse capable de lui faire parcourir un espace double dans le même tems, lorsque la vîtesse cesseroit d'agir, mais seulement un espace égal au premier.

Par exemple, ſelon la méthode de *Galilée*, le triangle ACB (*Planche* 25. *Figure* 11.) repréſente l'eſpace parcouru par la chûte dans une partie du tems, comme dans une ſeconde, dans le tems AB avec une vîteſſe *naiſſante* (ou qui ne fait que de commencer) en A commencement de la ſeconde; au lieu que ſi un corps décrivoit en tombant une perche par une impulſion ou par un coup, ſa vîteſſe ſeroit au commencement égale à AD, & elle continueroit de même pendant tout le tems; en ſorte qu'à la fin de la ſeconde, elle ne ſeroit que BV égale à AD, & la moitié de BC, & par ce moyen ſans une nouvelle impulſion, elle ne porteroit point le corps en bas une perche de plus dans une autre ſeconde; car alors le tems étant multiplié par la vîteſſe ne produiroit que le rectangle ADVB égal au triangle ACB, parce qu'il eſt de la même hauteur, & qu'il a la moitié de ſa baſe. (par la 41. 1. Euclide.)

Planche 25. Figure 11.

16. SI la direction de la chûte d'un corps eſt tellement changée qu'il ſoit porté directement en haut, en commençant ce mouvement avec toute la vîteſſe qu'il a à la fin de ſa chûte, il montera (par un mouvement uniformément retardé) exactement à une hauteur égale à celle d'où il eſt tombé, & l'on verra dans la figure les eſpaces qu'il décrira dans chaque partie du tems vis-à-vis les nombres qui repréſentent ces parties du tems. Si par exemple le corps eſt tombé dans quatre ſecondes, il aura parcouru 16 perches dans ſa chûte, & il aura acquis la vîteſſe E*u* (*Planche* 25. *Figure* 10.) capable de lui faire parcourir 32 perches dans le même tems par un mouvement uniforme; mais comme la peſanteur agit contre lui lorſqu'il monte, elle détruit tout ſon mouvement dans le tems qu'il s'éleve ſeulement de 16 perches: car c'eſt la même choſe de faire mouvoir un corps en bas depuis le repos juſqu'à 16 perches pendant un certain tems, que de détruire la moitié de la force qui étoit capable de porter un corps en haut à 32 perches dans le même tems. La même choſe ſe démontrera auſſi en conſidérant tout le tems, comme diviſé en petites parties, & obſervant la diminution uniforme du mouvement du corps. Par exemple, ſi le corps eſt pouſſé en haut, & que l'on conſidére les eſpaces qu'il parcourt dans chaque ſeconde; la vîteſſe donnée au corps jetté en haut, étant celle avec laquelle dans le tems ED, (qui ſera maintenant la premiere ſeconde du tems) il parcourt ſept perches, dans la ſeconde ſuivante il n'en décrira

Planche 25. Figure 10.

LEÇON V.

que 5 ; parce que la pesanteur lui donne une impulsion en bas au commencement, & pendant la seconde seconde, capable de lui faire décrire en descendant deux espaces ou deux perches, ce qui (en d'autres termes) se réduit à détruire deux des 7 espaces, que le corps auroit parcouru dans ce tems-là. De même au lieu de parcourir 5 espaces dans la 3e seconde, la pesanteur en détruisant deux, le corps n'en décrira que 3 ; & dans la 4e seconde, (qui est la derniere de son élevation) au lieu de parcourir 3 espaces, il n'en décrira qu'un pour la même raison, & alors le corps sera en repos pendant un moment indivisible de tems. Depuis le point de repos le corps recommence à descendre par un mouvement acceleré dont on a déja parlé, & il viendra précisément dans le même espace de tems au point d'où il étoit monté.

SCHOLIE.

Planche 24. Figure 12.

SI un corps au lieu de monter dans la ligne AB s'éleve à la même hauteur dans les lignes droites inclinées AC ou AE, ou dans les courbes A*a*C ou A*e*E, il viendra en bas dans le même tems dans les lignes droites CD ou EF, ou dans les courbes C*c*D ou E*f*F. Car nous avons déja fait voir que lorsqu'un corps est poussé par une force qui le porte dans la ligne AB dans un certain tems ; si une autre force A*g* agit sur lui, le corps décrira la diagonale AC du parallélograme AB*Cg* dans le même tems ; & nous avons aussi fait voir qu'il décriroit la courbe A*c*C dans le même tems de A en C. Maintenant puisque la force de la pesanteur dans la direction BA, qui détruit le mouvement du corps qui s'éleve, est égale à la force de la pesanteur qui agit dans la direction C*g*, pour faire tomber le corps de son point de repos C, les forces CE & C*g* seront égales à A*g* & AB, & par conséquent la diagonale rectiligne CD ou curviligne C*c*D, sera parcourue dans le même tems que les lignes AC & A*a*C. On doit dire la même chose des lignes AE & A*c*E comparées avec EF & E*f*F.

N. B. *Lorsque nous poussons un corps directement en haut, & qu'il retombe au même point de la terre d'où il étoit parti ; il décrit réellement deux lignes telles que* AC *&* CD *de* A *en* B *par le mouvement que la terre lui donne de l'Est à l'Ouest ; mais si nous le poussons obliquement en haut, il décrit les deux courbes* AC, CD,

ou la parabole ACD, *ou tout autre parabole, telle que* AEF, *selon l'angle de direction qu'il prend.* LEÇON V.

COROLLAIRE I.

DELA il suit qu'on peut dans chaque tems connoître à quelle hauteur un projectile, comme une bombe ou un boulet de canon, &c. (soit qu'il soit poussé directement ou obliquement) s'est élevé. Car si l'on prend le tems entre le moment où l'on met le feu au mortier, & celui où la bombe tombe, la moitié de tems sera celui de la chûte de la bombe. Quarrés le nombre des secondes contenues dans ce tems, & vous aurez les perches ou espaces parcourus dans la hauteur perpendiculaire. Par exemple, s'il s'est écoulé 20 secondes depuis qu'on a mis le feu au mortier jusqu'à la chûte de la bombe, la moitié de ce tems sera 10, le quarré de 10 est 100, & ces 100 perches multipliées par 16 & demi, donneront la plus grande hauteur de la bombe en pieds, c'est-à-dire 1650 pieds.

N. B. *Nous faisons toujours abstraction de la résistance de l'air, que nous considérerons dans la suite en faisant qu'on y ayeégard, comme on le doit, & nous prenons aussi* $16\frac{1}{2}$ *pieds pour* 16, *par la raison donnée ci-devant.*

COROLLAIRE II.

DELA il suit aussi que connoissant le poids d'un corps & la hauteur d'où il tombe, on peut connoître le coup qu'il donnera; c'est-à-dire, le *moment* qu'il aura à la fin de sa chûte; car la racine quarrée des espaces donnera toujours la vîtesse, laquelle étant multipliée par la masse ou poids du corps, nous donne son *momentum.* (Leçon 2. N. 3.)

Quelques-uns se sont imaginés que le corps qui tombe à un *moment*, & frappe un coup proportionnel à la hauteur d'où il tombe; par exemple, qu'une livre tombant de 4 pieds de hauteur, à quatre fois plus de *moment* qu'elle n'auroit en ne tombant que d'un pied de hauteur. Mais leur erreur consiste à ne pas faire attention au tems; car un corps employe le double du tems à tomber de 4 pieds qu'il employeroit à tomber de deux pieds, en sorte que sa vîtesse n'est que double dans le premier cas. Il est vrai que si un corps pouvoit décrire 4 espaces en tombant, ou parcourir

Leçon V.

dans une direction quelconque 4 espaces, pendant qu'un autre corps d'une masse égale n'en parcourt qu'un seul; il auroit alors quatre fois autant de *moment*, & par conséquent son effet seroit quadruple. D'autres conviennent que la vîtesse est comme la racine quarrée des espaces; mais ils prétendent que le *momentum* n'est pas comme le produit de la masse par la vîtesse du corps qui se meut, mais comme la masse multipliée par le quarré de la vîtesse; ils tâchent d'appuyer cette opinion par plusieurs expériences & par divers raisonnemens, dont j'examinerai quelques-uns dans les notes. * Je dirai seulement ici, que quoique je ne pense pas que les expériences des corps durs qui tombent sur des substances molles (que nous décrirons plus au long dans la suite) soient concluantes à l'égard des *momens* de ces corps; cependant elles prouvent fort bien, que les substances qui cedent ou les corps mous sans ressort, plient sous le coup du même corps qui les frappe, à proportion du quarré de sa vîtesse, & de-là on peut tirer des conséquences très-utiles que l'on peut appliquer à la pratique des méchaniques.

* Note 2.

En expliquant l'action de la pesanteur sur les corps qui tombent, nous l'avons considérée comme agissant toujours sur les projectiles avec la même force, quoiqu'elle soit certainement plus foible dans son effet lorsque le corps sur lequel elle agit est plus élevé au-dessus de la terre, comme nous l'avons fait voir dans la 11e note sur la *Leçon* 1. car la pesanteur, (c'est-à-dire, sa force acceleratice) décroît comme les quarrés des distances au centre de la terre croissent. Mais comme la plus grande hauteur à laquelle nous pouvons (même avec la poudre à canon) pousser les corps n'a point de proportion avec la distance au centre de la terre, (en étant à peine une 2000e partie) nous ne pouvons avoir aucun égard à ce décroissement de la force de la pesanteur, sans en prendre trop, puisque la différence est insensible.

17. Si la force de la pesanteur étoit plus grande ou plus petite qu'elle ne l'est ici, les corps en seroient accelerés dans leur chûte de la même maniére que nous l'avons expliqué; la seule différence seroit que les espaces, que le corps décrit en tombant dans le même tems, seroient plus grands ou plus petits à proportion. Si la force de la pesanteur étoit 4 fois plus grande, un corps tomberoit de 4 perches dans la premiere seconde de la chûte;

chûte ; & si la force de la pesanteur étoit quatre fois plus petite, (comme elle le seroit si le corps étoit porté à la hauteur de 4000 milles, ou plus éloigné du centre de la terre, que nous ne le sommes, de la distance d'un demi diametre de la terre,) ce corps ne tomberoit que d'un quart d'une perche dans la premiere seconde de sa chûte, (*Leçon* 1. *Note* 11.) Et si nous trouvons par observation, que dans une partie de la surface de la terre un corps en tombant ne décrit pas un espace aussi grand qu'une perche dans une seconde ; nous pouvons être sûrs que la force de la pesanteur est moindre dans cet endroit là, que dans le pays où nous sommes, & où les corps parcourent en tombant une perche dans une seconde. Or cette observation a été faite fort près de l'équateur, ou par les expériences que l'on a faites sur les pendules, on voit que les corps ne parcourent pas en tombant, une perche dans une seconde ; & delà il suit que la force de la pesanteur y est moindre que dans des latitudes plus grandes ; ce qui arrive à cause que la surface de la terre est plus élevée, (c'est-à-dire, plus éloignée du centre dans ces endroits-là, qu'elle ne l'est aux poles,) d'environ 31 milles ; & en partie, parce que l'augmentation de la force centrifuge détruit plus de l'action de la pesanteur auprès de l'équateur, que vers les poles. Mais je traiterai plus à fonds cette matiere dans un autre endroit. En attendant je renvois les Curieux aux *Principes de Newton*, Livre 3. Prop. 20. & aux Transactions Philosophyques, N°. 386, 387 & 388.

Leçon V.

18. Lorsqu'un corps descend sur un plan incliné, il ne peut pas descendre avec toute sa pesanteur, parce que le plan en soutient une partie, & cela à proportion de la longueur du plan à sa hauteur, (ou du *rayon* au *sinus* de l'angle d'inclinaison) comme on l'a fait voir dans la septiéme *Note* sur la troisiéme *Leçon*. Mais alors la partie du poids qui n'est pas soutenu par le plan, ou la pesanteur *relative*, étant toujours de la même quantité, parce que chaque partie du plan a la même inclinaison, elle sera cause que le corps qui roule en bas accelerera son mouvement de la même maniere qu'un corps qui tombe librement en bas, mais non pas aussi vîte ; ou de la même maniere que les corps tomberoient librement, si la force de la pesanteur étoit d'autant plus petite.

LEÇON V.

Planche 25. Figure 13.

CONSTRUCTION.

SUR une ligne droite horizontale comme CB, élevez une perpendiculaire en C, & faites AB hypothénuse du triangle ABC (qui doit repréſenter un plan incliné) égal en longueur à deux fois la hauteur ou perpendiculaire AC. Diviſez AB en quatre parties égales, marquées par les points D, F, G, & de même AC en quatre parties égales marquées par les points E, H, J. Menez ED & CD.

Si AF, EH, HJ & JC, ſont les quatre eſpaces (ou verges) qu'un corps en tombant parcourt dans deux ſecondes, AE ſera un eſpace que ce corps parcourt dans une ſeconde. * Maintenant ſi la force de la peſanteur n'étoit que la moitié de ce qu'elle eſt, le corps au lieu de deſcendre de A en C dans deux ſecondes, ne deſcendroit que de A en H. Soit poſé ce corps ſur le plan AB, & alors il ſera tellement ſoutenu par le plan, qu'il deſcendra vers B, avec ſeulement la moitié de ſon poids; c'eſt-à-dire, qu'il perdra la moitié de ſon poids, & qu'il n'ira pas plus vîte ſur le plan, qu'il l'auroit fait dans la ligne AC, s'il étoit tombé librement, & que la force de la peſanteur n'eût été que la moitié de ce qu'elle eſt. Donc le corps roulant ſur le plan incliné, ne deſcendra qu'en D, qui eſt un point de même niveau (ou auſſi près du centre de la terre) que E, dans deux ſecondes. Au lieu que s'il n'avoit pas été ſoutenu par le plan, il auroit décrit quatre eſpaces, ou ſeroit tombé en C. Il a donc en D la même vîteſſe qu'un corps qui tombe librement de A doit avoir en E; mais (dans ce cas) il reſte deux fois auſſi long-tems à acquerir cette vîteſſe. Si le corps, lorſqu'il eſt venu en bas en D, continue de ſe mouvoir le long du plan incliné, il décrira par les raiſons déja alleguées les trois eſpaces ſuivant égaux DF, FG, GB dans les deux ſuivantes ſecondes de tems, préciſément comme un corps qui tombe librement dans la ligne AC, le feroit, ſi la force de la peſanteur étoit réduite à la moitié, ou comme un corps le fera avec toute la force de la peſanteur dans la moitié du tems, & la vîteſſe du corps qui roule, lorſqu'il eſt en B, ſera auſſi grande que celle du corps en C; mais il reſtera d'autant plus long-tems à l'acquerir, que la ligne AB eſt plus longue que AC.

* Note 14. 15.

N. B. *On trouvera une ſolution plus géométrique de ceci dans le* 37e. *Théoréme du* Docteur Jean Keill, *dans ſon* Introductio ad veram Phyſicam.

COROLLAIRE I.

DELA il ſuit que quelle que ſoit l'inclinaiſon du plan, le corps aura la même vîteſſe lorſqu'il ſera arrivé en bas, qu'il auroit eu s'il étoit tombé le long de la perpendiculaire; & ſi l'on prend deux points (comme E & D, H & F, J & G) dans la même ligne horizontale, l'un ſur le plan incliné, & l'autre ſur la perpendiculaire, le corps aura la même vîteſſe dans tous les deux, quoiqu'elle ſoit acquiſe en différents tems. Car ſi le plan eſt moins incliné, la peſanteur relative qui porte le corps en bas ſera plus grande, & accelerera le corps d'autant plus vîte, que le plan eſt plus court; au lieu que ſi le plan eſt plus incliné ou plus long, l'accéleration en ſera plus lente.

COROLLAIRE II.

DELA il ſuit auſſi, que ſi l'on mene une perpendiculaire d'un point de la ligne où un corps tombe librement ſur le plan incliné, elle marquera le point du plan incliné où un autre corps arriveroit dans le même tems, s'ils avoient tous deux commencé à tomber du même point : c'eſt-à-dire, où CD, qui part du bas de la verticale AC ſur le plan en D, (auquel on a fait voir qu'un corps arriveroit ſur le plan, dans le même tems qu'il ſeroit tombé librement en C) eſt perpendiculaire au plan AB. Car ſi la conſtruction AB eſt double de AC, & AC de AD, & l'angle CAD commun aux triangles CAB & CAD. Ils ſont donc ſemblables (*par* la 6. du 6. *Eucl.*) Donc CR eſt perpendiculaire à AD.

COROLLAIRE III.

IL eſt de même évident, que ſi un corps tombe dans un arc de cercle, il aura la même vîteſſe en bas, que s'il étoit tombé dans la perpendiculaire, parce qu'on doit regarder un arc de cercle comme un nombre infini de plans différemment inclinés.

19. LA théorie des pendules ſe tire naturellement de ce que

LEÇON V. nous avons expliqué sur la chûte des corps ; mais comme il y a certaines choses dans cette théorie qui exigent l'intelligence de la troisiéme Loy du Mouvement, nous en renvoyons l'explication après que cette Loy aura été expliquée. En attendant, je vais rendre compte des instruments méchaniques dont je n'ai pas parlé dans la seconde Leçon, (lorsque j'ai donné la description des machines simples, qu'on appelle communément, mais par erreur, *Puissances Méchaniques*) : parce que les principes développés dans cette Leçon ne suffisoient pas, sans la connoissance de la premiere & seconde Loy de Nature.

20. LES sept machines simples ou instruments méchaniques que j'ai expliqué dans ma seconde Leçon, ne sont que des instruments destinés à la même opération par différents moyens ; sçavoir, pour faire agir les puissances, ou pour employer les forces de certains corps, enforte qu'elles soient appliquées à mouvoir d'autres corps, ou à transmettre ou régler la puissance d'un corps à un autre. Les instruments que je vais décrire ont aussi la même destination, & l'on peut par conséquent les appeller instruments méchaniques : mais la différence dans leur action est celle-ci : dans les machines ou instruments déja décrits, on perd une grande partie de la force des hommes, ou des autres animaux, &c. (c'est-à-dire, de l'intensité de la puissance) par le frottement, en s'attachant aux parties de la machine, en faisant effort, & portant sur elles, & en leur cedant, & la force des hommes qui y est employée, n'agit que par dégrés, avec les pertes dont je viens de parler. Mais dans les machines que je vais décrire, la puissance est ramassée, & portée d'un corps à l'autre avec peu ou point de perte, par une accumulation qui continue dans la même ligne.

21. SI un homme qui pese 140 livres, presse un levier avec tout son poids, ou agit avec une force égale à son poids, sur un levier ou bras de balance divisé en deux parties égales par son centre de mouvement, il lui est impossible de surmonter une résistance plus grande que 140 livres, quand il agiroit sur ce bras un jour entier avec toute sa force, parce que la puissance ou force de cet homme est détruite aussi-tôt qu'elle a été employée ; mais s'il peut communiquer sa force par dégrés à un corps qui la conserve toute entiere, & qui puisse dans un moment déployer

la somme de toutes les impulsions que l'homme lui a donné en différents tems, alors toute la force du corps ainsi ramassée, & pour ainsi dire condensée, fera tout-à-la-fois ce qu'un homme n'auroit jamais pu faire avec une machine ordinaire. LEÇON V.

Tel étoit le *belier* des Anciens, composé d'une grande poutre (tel que nous l'avons décrit dans la troisiéme *Note* sur la seconde *Leçon*,) & d'une tête de métal à l'un de ses bouts, laquelle étoit de cuivre ou de fer, on avoit trouvé différents moyens de le soutenir, & par la force réunie de plusieurs hommes, on le faisoit mouvoir avec la tête de métal en avant, jusqu'à ce qu'ayant reçû & conservé toutes les impressions excessives de la force des hommes, (qui étoit toute employée à mouvoir le belier en avant, parce que son poids étoit suspendu par des cordes ou chaînes à une distance au-dessus de celle qui lui étoit necessaire pour se mouvoir librement,) il acqueroit peu à peu un certain dégré de vîtesse; & avec ce dégré de vîtesse il rencontroit ou frapoit les murailles ou fortifications de Villes ou Châteaux, & par ce moyen il les brisoit ou les renversoit.* Cette machine est accelerée par la force des hommes dans une direction horizontale, de la même maniere que les corps qui tombent sont accelerés par la pesanteur dans une direction verticale. L'homme donc qui seroit incapable de surmonter une résistance plus grande que 140 livres, par les instruments méchaniques ordinaires, peut le faire avec un corps pesant qui est agité horizontalement, de maniere qu'il peut lui donner un mouvement acceleré, jusqu'à ce qu'il frappe l'obstacle; c'est-à-dire, qu'il peut le faire par le moyen d'un petit belier. Et s'il étoit question d'avoir une force imprimée vers le bas, il surmonteroit la résistance avec le *mouton*, qui est un corps pesant dont on se sert pour enfoncer les pilotis dans la terre, dans lequel appliquant successivement sa force contre la pesanteur, (c'est-à-dire, en élevant le corps à une certaine hauteur,) le mouton se met dans une situation à pouvoir recevoir de la pesan-

* Il n'y a point de doute que la premiere invention du *belier* ne fût copiée de la nature plû tôt que des raisonnements mathématiques, c'est-à-dire, en observant ce que le belier faisoit par instinct. Si cet animal a poussé inutilement avec sa tête un obstacle par le moyen des muscles qui étendent ses jambes, ses pieds de derriere étant fortement fixés contre la terre, il fait une seconde tentative; & par un coup subit de sa tête, il éloigne l'obstacle qui lui résistoit trop auparavant: dans ce cas il se retire après si loin, qu'il est en état d'accelerer son mouvement, autant que ses muscles peuvent agir en courant, & par ce moyen il donne un coup prodigieusement fort avec sa tête armée par cette force accumulée contre l'objet ou l'animal qu'il attaque, ses cornes étant tellement fixées sur sa tête, qu'il ne ressent aucune douleur par la secousse.

Leçon V. teur un mouvement acceleré, avant que d'agir sur la réſiſtance; ce qu'il fait à la fin avec une grande force, parce que la même quantité de matiere auroit une grande vîteſſe, laquelle ſeroit d'autant plus grande, qu'il auroit employé plus de tems à tomber, à raiſon de la hauteur où il avoit été élevé.

N. B. *On auroit tort d'alleguer ici qu'un homme, qui ne peut pas élever un poids, ou ſurmonter une réſiſtance un peu plus grande que* 140 *livres, avec la force* 40, *par le moyen d'un levier ou d'un fleau, dont les* bras *ſont égaux, le peut en appliquant ſa puiſſance plus loin du centre du mouvement; car nous ſuppoſons ici le poids ou l'intenſité de la réſiſtance toujours un peu plus grande en proportion avec la puiſſance, que dans la raiſon réciproque des diſtances: c'eſt-à-dire, que nous ſuppoſons dans cette comparaiſon un cas impoſſible dans l'uſage commun des inſtruments méchaniques.*

22. Le maillet ou le marteau, qui eſt un corps ou maſſe de bois ou de métal, dirigée ou muë circulairement, ou dans une ligne courbe par le moyen du manche, enſorte qu'il reçoit par dégrés une certaine vîteſſe, & qu'il a par ce moyen une force de mouvoir les autres corps, ou de faire ſur eux des impreſſions, participe aux deux inſtruments précedents, en ce qu'il reçoit une force accumulée du bras qui le met en mouvement, & en même-tems de la peſanteur, lorſqu'on s'en ſert pour frappert en bas.

Quoiqu'il ſe meuve circulairement, le coup qu'il donne eſt en ligne droite, ſçavoir dans la tengente à la courbe qu'il décrit, préciſément au point de la courbe où ſe fait le coup, parce que tous les corps qui ſe meuvent dans une courbe, font effort pour s'échaper dans la tangente à cette courbe, comme nous l'avons déja fait voir. (N°. 5.)

23. Le volan, (dont j'ai déja examiné quelques uſages dans la quatriéme Leçon,) eſt un inſtrument par le moyen duquel le corps qui ſe meut eſt forcé de circuler ou de ſe mouvoir autour d'un centre ou d'un axe, & devient par-là capable d'accumuler les puiſſances qui lui ſont imprimées par dégrés, auſſi long-tems qu'il eſt néceſſaire. Cet inſtrument différe du marteau & du maillet, de la même maniere que le cabeſtan différe du levier: car tandis que le levier ne peut élever ou éloigner le corps que dans un eſpace fort court, le cabeſtan peut faire cette operation

dans un espace donné : de même le marteau ou le maillet ne peut recevoir qu'autant de force qu'on peut lui donner dans la partie d'un arc de cercle, ou dans une ligne droite d'une courte longueur, au lieu que le volan peut acquerir sa force par accumulation dans plusieurs révolutions, & ainsi il devient capable de recevoir une puissance & une vîtesse donnée, & il peut l'employer sur un autre corps d'une maniere déterminée.

24. CET instrument méchanique joint à la vis, compose une puissante machine, par laquelle on imprime des Figures sur les Monnoyes & Médailles, qui exigent une force également prodigieuse & réguliere. Dans cette machine les puissances sont accumulées par trois instruments méchaniques. 1°. Par le volan, dans lequel la force de l'homme qui se meut, est accumulée dans les poids qui sont à son extrémité. 2°. Cette puissance accumulée est condensée & imprimée sur le cylindre de la vis, par le moyen des *rayons* qui sont au volan; ce sont deux leviers qui servent à condenser la même puissance dans une proportion donnée. 3°. Cette puissance ainsi communiquée au cylindre, accumulée & condensée, est encore condensée par l'enchancrure de la vis dans une proportion donnée; & ainsi toute la puissance, (ou toutes les puissances successives) employées par l'homme qui meut les poids du volan, est accumulée & condensée dans la derniere impulsion, qui se fait sur la Médaille.

25. ON peut regarder le *pendule circulaire* comme analogue au volan. C'est un instrument méchanique, par lequel on peut accumuler le mouvement dans le corps ou dans son poids : il est suspendu par une corde d'un centre qui est au-dessus, & elle le tient à une distance convenable de ce centre.

Par le moyen de cet instrument, le poids qui doit être mû par la force imprimée, est plus libre pour recevoir & retenir la puissance accumulée, & il n'a aucun des premiers empêchements du volan, sçavoir le frottement & le déperissement des pivots ou des tourillons; il n'est sujet qu'au dernier, qui est l'empêchement de l'air ou du milieu dans lequel il se meut, lequel est aussi moindre, parce que la corde où le poids est suspendu, est moindre que les bras ou branches du volan : Et delà vient que cet instrument conserve la force imprimée beaucoup plus long-tems que l'autre, sçavoir le volan, & qu'il continue plus long-tems dans son mou-

LEÇON V. verſent : Lorſqu'il a été mis entrain, il continue ſouvent de ſe mouvoir pendant pluſieurs heures de ſuite ; & ſi l'on calcule la longueur de l'eſpace ſpiral où il ſe meut, on trouvera qu'elle monte à pluſieurs milles de longueur. *Mais n'ayant pas encore rendu compte du pendule ſimple ou commun, je différe de traiter plus au long du pendule circulaire, juſqu'à ce que j'aye expliqué le pendule ſimple.*

26. LE dernier de ces ſortes d'inſtruments, que je prétends décrire à preſent, eſt la *fronde ;* car le reſſort dépend dans ſon action de la *troiſiéme Loy du Mouvement*, & par conſéquent je ne puis en parler que lorſque j'aurai expliqué cette Loy. La fronde donc eſt un inſtrument qui ſert par le moyen des cordons, à porter par dégrés la force d'une main qui ſe meut dans un petit cercle, juſqu'à un corps retenu par ces cordons, en le faiſant mouvoir dans un plus grand cercle autour du même centre, juſqu'à ce qu'elle ait entierement accumulé toute la puiſſance de la main, ou la quantité que l'on en veut prendre, & alors elle le décharge avec la direction & la détermination propoſée. Cet inſtrument participe au volan & au pendule circulaire ; car comme le volan, il peut recevoir une accumulation de puiſſance par pluſieurs révolutions, & comme le pendule circulaire, il eſt exempt du frottement des pivots & des tourillons ; & il ne perd de la force qui lui eſt appliquée, que celle qui eſt néceſſaire pour vaincre la réſiſtence de l'air.

IL ſeroit trop long de décrire les différentes inventions dont les Anciens & les Modernes ont fait uſage pour appliquer cet inſtrument. Il ſuffit de remarquer que l'on peut les réduire tous à la fronde commune, qui eſt la plus ſimple, & dont la puiſſance & l'effet peuvent ſe réduire auſſi aiſément au calcul géométrique, qu'aucun des autres inſtruments dont j'ai déja parlé : n'y ayant qu'un ſeul principe commun à tous, qui conſiſte à trouver quelle eſt la vîteſſe du corps préciſément à l'inſtant où ſe fait la percuſſion, * ou de la machine qui eſt miſe en uſage. Car comme on ſuppoſe toujours le poids du corps ou de l'inſtrument connu, on n'a qu'à le multiplier par la vîteſſe, & on aura le *momentum* du corps qui doit être mû, (Leç. 2. N°. 2. 3.) & l'on ſçaura par conſéquent l'effet que la machine peut produire en agiſſant ſur un corps, pour l'arrêter, le pouſſer, le rompre ou le fraper, enſorte qu'on

* Note 4.

qu'on l'ébranle, qu'on le meuve, ou qu'on l'écarte entierement ou en partie. LEÇON V.

27. TOUTE la difficulté conſiſte donc à trouver quelle eſt la vîteſſe réelle du corps qui frape, préciſément au moment de la percuſſion, ce que l'on peut faire de la maniere ſuivante, que j'appliquerai d'abord au mouton, ou à un grand poids, pour enfoncer les pilotis, parce qu'il eſt beaucoup plus aiſé de la conſiderer dans cet inſtrument, & qu'on peut en tirer tous les autres cas.

La 15e. *Figure* de la *Planche* 25. repréſente une machine pour enfoncer les pilotis, compoſée de la poutre K J, & du chaſſis F L, ſur laquelle ſont arrêtées les pieces droites L H & L G, ſoutenues par les montants C, C, & par un autre montant par-derriere F E, (qui porte des chevilles pour ſervir d'échelle,) & qui ſont liées enſemble par le collier quarré E D. Le mouton A eſt une piece fort peſante de bois dur ou de fer, qui gliſſe en haut & en bas entre les deux jumelles ou pieces droites L H, L G, & que l'on tire en haut par ſon crochet B au moyen de deux cordes H O, G O, qui ont chacune cinq autres cordes plus petites, avec des manches en N, & N, pour dix hommes qui tirent en haut le mouton à une certaine hauteur, (les grandes cordes roulant ſur deux poulies ou rouleaux fixés à la cheville de fer H G,) & alors on le laiſſe retomber tout à la fois ſur la tête du pilotis en M, pour le pouſſer en avant dans la terre. Suppoſons maintenant que le mouton A peſe 500 livres, & tombe de la hauteur d'un pied, il tombera de cette façon dans un quart de ſeconde, & par conſéquent il aura une vîteſſe capable de lui faire parcourir uniformément deux pieds dans le même tems, (N°. 15. Cor. 3.) c'eſt-à-dire, 8 pieds par ſeconde, au même inſtant qu'il frape le pilotis M. Multipliant donc ſa maſſe par ſa vîteſſe, ou 500×8, nous aurons 4000 pour le *momentum* du mouton, par une telle chûte. Mais ſi l'on éleve le mouton à 4 pieds, il tombera de cette hauteur dans une demi-ſeconde, & il aura au moment de la percuſſion une vîteſſe capable de lui faire parcourir 8 pieds dans une demi-ſeconde, ſans aucun autre ſecours de la peſanteur; enſorte qu'il nous faudra multiplier 16 pieds (ſa vîteſſe actuelle, qui eſt à raiſon de 16 pieds par ſeconde,) par 500, maſſe du mouton; ce qui nous donnera un *moment* double, par lequel il frapera le pilotis dans ce dernier cas; car $500 \times 16 = 8000$. Si l'on conſidere toute autre hauteur d'où le mouton peut tomber; (car on peut

Planche 25. Figure 15.

LEÇON IV. employer un cabeſtan, un vindas, ou des poulies, pour l'élever à une fort grande hauteur, & enſuite par une invention aiſée le détacher tout-à-coup de ſon crochet,) le *momentum* avec lequel il frapera le pilotis, ſera toujours comme la racine quarrée de la hauteur d'où le mouton tombe; c'eſt-à-dire, comme la vîteſſe que ce corps qui deſcend ſe trouve avoir à la fin de ſa chûte.

N. B. *Je ne puis m'empêcher de dire que le pilotis peut entrer dans la terre quelquefois plus avant que ſelon cette proportion; mais j'en donnerai la raiſon dans les Notes.*

28. SI l'on doit pouſſer obliquement un pilotis, il faut placer la machine enſorte que les montans ayent la même obliquité, & le coup ſera toujours perpendiculaire à la tête du pilotis; mais alors il faudra eſtimer la force du coup, non pas par la longueur, mais par la hauteur de la chûte, de la maniere qu'on l'a déja fait voir, parce que quelque long que ſoit le plan incliné, dans lequel le corps tombe, il n'acquiert pas plus de vîteſſe que s'il étoit tombé perpendiculairement de la hauteur du plan.

29. POUR trouver la vîteſſe du belier des Anciens, lorſqu'il donnoit ſon coup, il faut remarquer en quelle proportion ſon mouvement étoit acceleré; car ſelon le nombre & la force des hommes qui y étoient occupés, il pouvoit être acceleré plus ou moins que la peſanteur n'auroit fait, s'il étoit tombé perpendiculairement. Nous obſervons donc la longueur du coup depuis le point le plus éloigné du mur, (ou de la choſe qui eſt batue par le belier,) juſqu'au mur, & ſçavoir en quel tems le coup ſe fait; (car lorſque les hommes par un peu de pratique ont appris à manier le belier, tous les coups ſe donnent dans le même tems.) Si le coup, par exemple, eſt de 4 pieds, & ſe fait dans un quart de ſeconde, le *momentum* du belier eſt le même que ſi le belier avoit parcouru uniformément 8 pieds dans un quart de ſeconde, ou 32 pieds dans une ſeconde entiere. Cette force ſeroit quadruple de celle que la peſanteur donneroit à la chûte du belier, (ou à un mouton de même peſanteur que le belier,) dans le même tems; mais elle ſeroit ſeulement égale à l'effet qu'elle feroit dans une ſeconde, ou dans le quadruple du tems, & elle ne ſeroit que la moitié de ce que la peſanteur donneroit dans deux ſecondes à un corps qui tomberoit d'une hauteur d'un peu plus de 64 pieds. Si

le tems pour donner le coup avoit été deux fois auſſi long, ou d'une demi-ſeconde, le *momentum* ou la force de la percuſſion n'auroit été que la moitié auſſi grande, &c. la percuſſion avec le même belier étant toujours en raiſon inverſe du tems pendant lequel il eſt acceleré par la même force des hommes. LEÇON V.

30. POUR trouver la vîteſſe (& par conſéquent le *momentum*) du maillet ou du marteau, à l'inſtant de la percuſſion, nous devons le conſidérer d'abord de la maniere la plus ſimple, comme lorſqu'étant élevé en haut, il retombe en bas dans un arc de cercle par ſa propre peſanteur : alors nous n'aurons qu'à examiner la hauteur d'où il tombe, & nous connoîtrons par ce qui a été dit des corps qui tombent perpendiculairement ou ſur un plan incliné, quelle vîteſſe il doit avoir à la fin de ſa chûte. Ainſi nous pourrons connoître avec quelle force les grands marteaux élevés par l'aiſſieu d'une roue à eau, tombent ſur les plaques ou barres de fer ou de cuivre, qui ſont applaties dans les moulins ou forges de fer ou de cuivre. Lorſque le marteau eſt mû avec la main, ou qu'il eſt pouſſé par un reſſort autant que par ſa peſanteur, il doit ſe mouvoir plus vîte, & ſon effet doit être à proportion plus grand ; ainſi en obſervant le tems de ſa chûte dans un tel cas, on pourra connoître ſa vîteſſe.

N. B. *Quoiqu'un corps qui ſe meut deux fois auſſi vîte dans le même cercle, ſoit capable, ſelon ce qu'on a vû dans la quinziéme Expérience de cette Leçon, d'élever quatre fois le poids, on ne doit pas s'imaginer qu'un marteau qui ſe meut deux fois auſſi vîte, doive fraper avec quatre fois le* momentum, *pendant qu'un marteau du même poids ſe mouvant deux fois auſſi vîte, uniquement à cauſe du manche ou du rayon qui eſt deux fois auſſi long, n'a que le double du* momentum, *ſelon la treiziéme Expérience ; car ce n'eſt que la force centrifuge dans le même cercle, qui eſt comme le quarré de la vîteſſe, & non le coup qui ſe donne le long de la tangente. L'effet de la force centrifuge ne ſera que celui-ci ; c'eſt que la main qui tient le marteau, ſentira quatre fois la force qui fait effort pour tirer le marteau de cette main, & elle ne ſentira que deux fois cette force, ſi la vîteſſe n'eſt que double, ayant un manche deux fois auſſi long.*

IL *faut auſſi obſerver, que dans l'uſage du marteau il vaut mieux fraper avec la même maſſe de matiere, & avec une vîteſſe double,*

LEÇON V.

qu'avec une masse double & une vîtesse simple, parce que les substances qui cedent, comme le fer rouge, &c. & les clouds chassés dans le bois, cedent au même marteau presque selon le quarré de sa vîtesse, comme nous le ferons voir dans les Notes. * *Mais il faut faire tout le contraire dans le belier, si l'on veut avoir son plus grand effet.* *

* N. 4.

* Note 4.

31. SI l'on ne se sert du volan que pour donner un coup avec un de ses poids après quelques révolutions, la maniere de trouver sa vîtesse, & par conséquent son *momentum*, précisément à l'instant du coup, est la même que pour la fronde : car quoique le volan ait beaucoup plus de frottement que la fronde, il suffit d'observer la vîtesse qu'il a (sans aucun égard aux obstacles qui empêchent cette vîtesse d'être aussi grande qu'elle l'auroit été sans eux) au moment du coup ; ce que nous pouvons connoître, en comparant ensemble plusieurs révolutions, ou parties de révolutions, qui nous conduiront à la connoissance du dégré d'accéleration.

32. MAINTENANT pour sçavoir calculer la force de ces instrumens, lorsqu'ils sont joints aux autres, qu'on nomme communément *Puissances Méchaniques*, (& que j'ai expliqué dans la seconde Leçon,) je vais faire voir quelle force peut donner une machine composée du volan combiné avec la vis, pour imprimer une figure sur les monnoyes, comme nous l'avons indiqué ci-devant.

Supposons que les deux bras du volan ayent chacun quinze pouces de longueur, (en mesurant depuis le centre des poids jusqu'à l'axe du mouvement, que les poids soient chacun de 50 livres, & que le diametre de l'aissieu qui presse sur le dez, soit d'un pouce. Si chaque coup se donne dans une demi-seconde, & que les poids décrivent une demi-circonférence, qui sera dans ce cas de 4 pieds, la vîtesse sera à l'instant du coup à raison de huit pieds par seconde, & par conséquent le *momentum* sera 800 ; mais les bras du volan étant comme des leviers, dont un *bras* est de quinze pouces de long, pendant que l'autre, (qui est la moitié de l'aissieu,) n'est que d'un demi-pouce, cette force en est augmentée 30 fois, ce qui nous donne 24000 : force immense, égale au poids de 100 livres, qui tombe de 120 pieds ou à peu-près dans deux secondes de tems, ou à un corps de 750 livres qui tombe de $16\frac{1}{12}$ pieds, ou dans une seconde de tems.

Quelques-unes de ces machines pour battre les Monnoyes d'argent, ont les bras du volan cinq fois auſſi longs, & les poids deux fois auſſi peſans. Leur effet en eſt dix fois plus grand. LEÇON V.

N. B. *Nous n'avons eu aucun égard au plan incliné de la vis, parce que cette inclinaiſon ne ſert qu'à faciliter l'accéleration du mouvement des poids, que nous avons conſidéré en prenant le tems qu'ils ont employé à décrire le demi-cercle.*

33. ON ne finiroit jamais, ſi l'on vouloit développer toutes les conſéquences des deux Loix du Mouvement, déja expliquées, dans la pratique des opérations méchaniques; & ſi l'on vouloit les appliquer à l'explication de toutes les eſpéces du mouvement, tant des corps qui ſont ſur la terre, que des planétes & des cométes qui ſont dans le Ciel: nous n'en donnerons ici que quelques exemples de plus; mais il nous faut auparavant examiner combien la réſiſtance de l'air (que nous avons juſqu'ici négligé dans nos calculs) empêche les effets d'être tels qu'on devroit l'attendre de leurs cauſes ſans cet obſtacle.

Quoique mon deſſein ſoit de conſidérer la réſiſtance du milieu dans la partie hydroſtatique de cet ouvrage, cependant j'en dirai ici autant qu'il en faut pour comprendre le changement que produit dans le mouvement des corps l'obſtacle qui leur vient par la réſiſtance des milieux, ſoit que leur mouvement vienne de la peſanteur ou de toute autre cauſe.

34. LORSQU'UN corps ſe meut dans un fluide d'une eſpéce quelconque, ou dans un milieu réſiſtant, il ne peut pas aller en avant ſans ſéparer les parties du milieu pour ſe faire jour; & autant qu'il communique de ſon propre mouvement à ces parties, autant il en perd; de ſorte que ſon mouvement ſera retardé, ſi auparavant il étoit uniforme; ou s'il alloit d'un mouvement acceleré, cette réſiſtance (ou le mouvement communiqué aux parties du milieu) empêchera que l'accéleration ne ſoit auſſi grande qu'elle l'auroit été, où (ſelon la quantité de la réſiſtance) elle pourra détruire l'accéleration; c'eſt-à-dire, détruire le mouvement additionnel auſſi-tôt qu'il eſt donné au corps par la cauſe accéleratrice: enſorte que le corps ſe meut alors uniformément; comme ſi la cauſe accéleratrice avoit ceſſé d'agir, & que le mouvement du corps ſe fît dans le vuide ſans aucune réſiſtance.

LEÇON V.

35. IL y a deux sortes de résistances dans les fluides ; la premiere, qui vient de la tenacité du fluide, c'est-à-dire, de la cohésion de ses parties ; & cette résistance est toujours comme la vîtesse du corps qui se meut dans le fluide : car plus le corps se meut vîte dans un tel fluide, plus il a de parties à écarter ou à détruire leur cohésion dans le même tems, selon qu'il parcourt un plus grand espace. On peut diminuer cette sorte de résistance, en rendant le milieu plus fluide ; c'est ainsi que l'huile, le miel, & la poix, deviennent plus fluides lorsqu'on les fait chauffer.

N. B. *Les fluides qui n'ont pas de tenacité, n'ont pas cette sorte de résistance.*

L'AUTRE espéce de résistance vient de la quantité de matiere qu'il faut écarter, & elle est toujours proportionnelle à la densité ou à la gravité spécifique du *milieu* fluide. C'est ainsi que l'eau résiste 850 fois plus que l'air, parce qu'un corps qui parcourt dans l'eau un certain espace, trouve 850 fois plus de matiere à écarter ; & s'il se mouvoit dans le mercure, la résistance seroit 11 900 fois plus grande, parce que le mercure a 11 900 fois plus de matiere que l'air dans le même espace. A l'égard du même corps, qui se meut avec différentes vîtesses dans un fluide, cette résistance est toujours comme le quarré de la vîteſſe. Un exemple ou deux en nombres rendront la chose évidente.

Planche 25. Figure 16.

Supposons que le corps A (*Planche* 25. *Figure* 16.) se meuve dans un milieu à raison de deux pouces par seconde, ou de A en B ; c'est-à-dire, qu'ils écartent quatre particules de matiere *h*, *c*, *g*, *f*, pour lui faire jour ; & supposons que ces particules ayent chacune un pouce de diametre. Ce n'est pas assez de faire attention que ces particules doivent être écartées, il faut aussi examiner quelle doit être leur vîtesse, si l'on veut trouver la quantité de mouvement qu'elles reçoivent. Supposons donc que chacune de ces particules s'éloigne d'un pouce dans une seconde, ou des points *f*, *h*, *c*, *g* aux points *f*, *h*, *c*, *g*, pour laisser passer le corps A au milieu. Mais comme c'est la même chose de mouvoir toutes les quatre particules entassées les unes sur les autres de *f* en *f*, que de les mouvoir toutes quatre d'un pouce en différentes lignes, il est évident que l'espace *ff* ou un pouce, est leur vîtesse commune. Ainsi multipliant un par quatre, nombre des particules, j'ai le *momentum* quatre de la matiere qui doit être

écartée par le corps A. Supposons encore que le même corps se meuve deux fois aussi vîte, c'est-à-dire, de A en B, (*Figure* 17.) dans une seconde, il aura 8 particules (qui sont, *b, c, d, e, f, g, m, n* ou le double de matiere) à écarter dans le même tems; mais comme le corps se meut deux fois aussi vîte, il frapera chacune de ces particules deux fois aussi vivement, ce qui les fera écarter aux points β, κ, δ, ε, φ, γ, μ, ν, au lieu des points *b, c, d, e, f, g, m, n* dans le même tems; ensorte que leur vîtesse commune sera de deux pouces au lieu d'un. Mais huit particules multipliées par deux, donnent seize, qui est un *momentum* quatre fois aussi grand que celui que la matiere du fluide avoit reçû auparavant. Donc le corps se mouvant deux fois aussi vîte dans le même fluide, communique quatre fois autant de mouvement à ses parties, & par conséquent il y trouve quatre fois autant de résistance. De même si le corps se mouvoit trois fois aussi vîte, il écarteroit trois fois plus de matiere dans le même tems, & il la pousseroit trois fois plus loin; donc il y trouveroit neuf fois plus de résistance. LEÇON V.

Et cela aura lieu dans tous les dégrés de vîtesse du corps qui se meut; car la quantité de matiere écartée dans un certain tems, & la vîtesse avec laquelle cette matiere est écartée, produira toujours un *momentum* dans le *milieu* fluide, & par conséquent une résistance proportionnelle au quarré de la vîtesse du corps qui se meut dans ce milieu.

N. B. *Cette résistance proportionnelle au quarré de la vîtesse, est la seule que l'on trouve dans l'air, par les Expériences des corps qui s'y meuvent: & par conséquent il n'a point de tenacité, d'où il suit que ses parties ne se touchent pas mutuellement.*

DELA il suit qu'un fluide résistera quelquefois autant qu'un solide, & même plus, lorsque la vîtesse du corps qui s'y meut est fort grande, comme on le verra par quelques exemples que nous donnerons dans les Notes. * *Note 5.

SCHOLIE.

36. CE que nous avons dit sur la chûte des corps dans l'air, & le long des plans inclinés, ne doit pas s'accorder avec les Expériences, parce que dans cette théorie nous avons fait abstrac-

Leçon V.

tion de la réſiſtance de l'air ; mais lorſqu'on y fait l'attention convenable, les Expériences confirment la théorie. Selon les meilleures obſervations, un corps qui tombe dans le vuide doit parcourir ſeize pieds d'*Angleterre*, un pouce & un quart dans la premiere ſeconde de ſa chûte ; mais dans l'air il doit perdre une partie de cet eſpace à proportion du mouvement qu'il donne à l'air, & qui doit être ſouſtrait de ſon propre mouvement : enſorte que plus le corps a de matiere à proportion de la ſurface par laquelle il frape l'air, moins il perd de ſon propre mouvement. Nous expliquerons mieux cela en rendant compte d'une Expérience que j'ai faite pour obſerver le tems de la chûte de pluſieurs balles de plomb, que je laiſſai tomber du haut de la coupole de l'Egliſe de *Saint Paul* en-dedans.

Expérience XVI.

Je pris pluſieurs balles de plomb de deux pouces de diametre, qui peſoient deux livres *Troy*, je les laiſſai tomber d'une planche qui étoit arrêtée à deux pieds au-deſſus de la coupole intérieure, & j'obſervai le tems de leur chûte fort exactement par le moyen d'un inſtrument que je décrirai dans la ſuite. Je trouvai qu'elles tomberent au plus bas dans $4\frac{1}{2}$ ſecondes, & tant ſoit peu plus. Cette hauteur étoit de 272 pieds. Or, ſelon la théorie ces balles dans ce tems-là auroient dû tomber 52 pieds plus bas, c'eſt-à-dire, à 324 pieds ; donc la réſiſtance de l'air enlevant continuellement un peu de ce que la peſanteur ajoutoit au mouvement du corps qui deſcendoit, fut cauſe que l'accéleration ne fut pas ſi prompte, & que par conſéquent le corps reſta plus long-tems à parcourir ces 272 pieds, qu'il n'auroit dû le faire ; car puiſqu'un corps décrit un pied dans le premier quart d'une ſeconde de ſa chûte, ſi l'on prend la racine quarrée de 272. (n°. 15.) on aura $16\frac{1}{2}$ quarts, c'eſt-à-dire, 4 ſecondes, & $\frac{1}{8}$ pour le tems qu'un corps auroit employé à tomber de 272 pieds dans le *vuide*. Suppoſons maintenant que la réſiſtance de l'air ait enlevé 5 pouces de l'eſpace que les balles auroient parcouru dans la premiere ſeconde, cette réſiſtance pendant la 2e. ſeconde auroit été plus grande à proportion du quarré de la vîteſſe du corps ; c'eſt-à-dire, que comme le corps auroit dû parcourir 3 eſpaces égaux à celui qu'il avoit parcouru la premiere ſeconde, la réſiſtance devoit être 9 fois plus grande ; & par conſéquent la réſiſtance de l'air devoit

devoit enlever 9 fois 5 pouces ou 45 pouces de l'espace parcouru par le corps dans la 2e seconde ; de même dans la 3e seconde il devoit perdre 125 pouces ; dans la 4e 245, & dans la derniere demie seconde plus de 200 ; ce qui fait en tout environ 52 pieds, conformément à ce qu'on a observé dans l'expérience. LEÇON V.

N. B. *Ce calcul n'est pas exact, & on le donne ici plûtôt comme un éclaircissement que comme une démonstration. Il n'est fondé que sur la supposition qu'un corps en tombant ne parcourt que 16 pieds dans la premiere seconde de sa chûte, lequel nombre n'a été pris que pour éviter les fractions.*

On peut tirer plusieurs conséquences de la résistance de l'air à l'égard des corps qui s'y meuvent, & qui sont confirmées par les expériences :

La premiere est, que *le mouvement d'un corps pesant n'est pas toujours acceleré, mais qu'à une certaine hauteur il devient égal & uniforme dans l'air ;* parce que la résistance de l'air croissant en même proportion que les espaces croissent (& par conséquent en *raison* doublée des tems ou des vîtesses) cette résistance peut devenir assez grande pour détruire autant de vîtesse que la pesanteur en produiroit, & par ce moyen empêcher la vîtesse du corps qui se meut de recevoir aucun accroissement, (n°. 12 & 13) précisément comme si le corps dans ce tems-là cessoit d'être pesant.

La seconde est, que *les corps de différentes pesanteurs spécifiques se mouvant dans le même* milieu, *n'ont pas leurs mouvemens accelerés de la même maniére*, à cause de la différence de leur volume, comparé, à leur poids qui prouve plus ou moins de résistance ; parce que ceux d'un plus grand volume, lorsque le poids est le même, poussent plus d'air devant eux que ceux d'un moindre volume.

La troisiéme conséquence est, que *le mouvement des corps pesans est différemment acceleré dans les* milieux *differens, & qu'il devient plûtôt uniforme dans les* milieux *plus denses ;* parce que plus le milieu est dense, plus il a de peine à faire ses circulations, & plus il resiste aisément au moment.

La quatriéme est, que *les petits corps de la même matiére homogéne tombent avec moins de vîtesse, & arrivent plûtôt à l'égalité ;* parce que le milieu resiste plus à un corps qui a une grande surface qu'à celui qui en a moins, & que plus les corps sont petits, plus leur surface est grande par rapport à leur poids ou à leur solidité ; car la

Leçon V.

géométrie nous apprend, que si un cube a, par exemple, un pied de surface, un autre cube huit fois aussi pesant n'aura que quatre pieds de surface. Conformément à ce principe, la poussiere tombe fort lentement lorsquelle est élevée dans l'air; les oiseaux se soutiennent eux-mêmes dans l'air en déployant leurs aîles; & une charge de dragées de plomb n'ira pas à beaucoup près aussi loin qu'un boulet du même poids que cette charge avec le même canon & la même *quantité de poudre*, quoique tous deux commencent à se mouvoir avec des vîtesses égales.

La cinquiéme est, qu'*il y a un hauteur déterminée qui produit dans un corps pesant, la plus grande vîtesse qu'il puisse acquerir en tombant*; en sorte que s'il tomboit d'un endroit plus élevé, il n'auroit plus de vîtesse; ce qui est évident par la premiere conséquence, où nous avons dit que le mouvement d'un corps pesant n'est pas continuellement acceleré; mais à une hauteur déterminée, il devient égal.

La sixiéme est, qu'*il y a une hauteur déterminée, la plus grande de toutes celles où la vîtesse qu'un corps a acquis en tombant puisse faire remonter le corps*; parce que par la conséquence précedente, il y a une hauteur démontrée qui produit la plus grande vîtesse qu'un corps puisse acquerir en tombant, & cette vîtesse ne peut le faire remonter qu'environ la même hauteur.

La septiéme est, qu'*un corps poussé en haut par une force plus grande que n'est la plus grande de celles qu'il peut acquerir en tombant, doit rester plus long-tems à tomber qu'à monter*; parce que la vîtesse d'un corps poussé en haut à une hauteur quelconque diminuë continuellement; au lieu que la vîtesse du même corps dans sa chûte n'augmente que jusqu'à ce qu'il soit arrivé à cette hauteur; étant certain que si elle augmentoit continuellement, le corps resteroit précisément aussi long-tems à descendre qu'à monter.

La huitiéme est, que *si un corps est poussé en bas par une force qui surpasse la plus grande force qu'il puisse acquerir en tombant, il aura un mouvement retardé*; parce que par la premiere conséquence le corps qui tombe avec la plus grande vîtesse que sa chûte puisse lui donner, trouve dans l'air une resistance égale à sa pesanteur; & lorsqu'il s'avance avec une plus grande force, la résistance de l'air devient encore plus grande, & détruit une partie du mouvement qui de cette maniére sera ralenti & retardé.

Cette derniere conséquence nous apprend la raison pourquoi un boulet de canon poussé en bas retarde son mouvement; car

ce boulet eſt mis en mouvement par la force de la poudre, qui lui donne une plus grande vîteſſe que celle que ſa peſanteur abſoluë lui auroit donnée dans ſa chûte ; & la ſeptiéme conſéquence nous apprend auſſi la raiſon de l'expérience, dont parle le Pere *Merſenne* dans ſa Baleſtique ou Art de jetter les corps peſans, *Propoſition* 13. LEÇON V.

Cet Auteur dit, qu'il a trouvé par pluſieurs expériences, qu'une fléche qui avoit été trois ſecondes à monter, en avoit employé cinq à deſcendre ; & quoiqu'il ajoute qu'un boulet de fer peſant trois livres ayant été pouſſé en haut perpendiculairement par un mortier d'un pied de longueur, avoit employé autant de tems à monter qu'à deſcendre ; ſçavoir ſix ſecondes ; il ne s'enſuit pas de-là que cela doive toujours arriver, la différence n'étant pas auſſi conſidérable dans un boulet comme dans une fléche, dont le mouvement arrive plûtôt à l'égalité à raiſon de ſa legereté.

Une bombe ordinaire ne recevant par de la charge ordinaire de la pondre, une vîteſſe plus grande que n'eſt la plus grande qu'elle puiſſe acquerir en tombant, reſte auſſi long-tems à deſcendre qu'à monter. Mais une balle d'un bois leger ou de liege (qui dans le vuide iroit beaucoup plus loin & plus haut qu'une bombe de même groſſeur, parce quelle recevroit de la poudre d'autant plus de vîteſſe au commencement qu'elle a moins de matiére) n'ira pas auſſi haut qu'une bombe, & elle reſtera auſſi plus long-tems à deſcendre qu'à monter, à cauſe de la réſiſtance de l'air qui a plus d'effet ſur ces corps legers pour les raiſons données ci-devant.

N. B. *Il n'eſt pas vrai mathématiquement qu'un corps qui tombe dans l'air, arrive jamais au mouvement uniforme ; mais comme il s'en approche toujours de plus en plus, nous pouvons le prendre pour tel phyſiquement, & raiſonner en conſéquence de ce principe.*

37. J'AI fait voir, après avoir expliqué la premiere Loi du mouvement, combien elle peut nous ſervir à nous mettre au fait du mouvement des corps celeſtes, en nous apprenant de quelle maniére la peſanteur & la force projectile retient ces corps dans leurs orbites ; mais l'intelligence de la ſeconde Loi étoit neceſſaire pour bien concevoir comment ils ſe meuvent dans des ellipſes qui ont le corps central dans un de leurs foyers, & comment leurs vîtſſes ſont ſucceſſivement accelerées & retardées.

LEÇON V.

38. CEPENDANT avant que d'en venir à considérer ce mouvement, il faut que j'explique quelque termes Astronomiques ; & que je fasse voir ce que l'on entend, lorsqu'on dit, que *les planétes & les cométes décrivent autour du soleil des aires proportionnelles aux tems, & que les satellites font la même chose à l'égard de leurs planétes principales.* C'est là une verité connuë & avouée de tous les Astronomes modernes, quelque différens que soient leurs sentimens sur les causes des mouvemens celestes.

Je suppose qu'un corps celeste se meut autour d'un autre dans une courbe qui rentre en elle-même comme le cercle ou l'ovale ; par exemple, la lune autour de la terre, dont je regarderai l'orbite au commencement comme circulaire, quoiqu'elle soit réellement elliptique. Si dans un moment d'un certain jour nous observons que le lieu de la lune dans son orbite est L, & que le jour après, au même tems la lune se trouve dans un autre lieu comme L ; l'espace triangulaire T L L (compris entre la ligne ou rayon T L mené du corps central au corps qui fait sa révolution dans la premiere observation ; & la même ligne dans la situation T L à la seconde observation, & par l'arc L L décrit par la lune durant l'intervalle des observations) se nomme *Aire astronomique*, & le rayon T L, considéré comme balayant en quelque maniére cet espace, & portant la lune avec lui, se nomme le *rayon vecteur*. Si quelques jours après, par exemple, au bout de 14 jours, on observe la lune en *l* ; & que le jour suivant à la même heure, & à la même minute, on l'observe en *l*, *l'aire* T l *l* sera égale à la premiere aire T L L, qui avoit été décrite par la lune & par le *rayon vecteur* dans le même tems, & c'est ce que l'on entend lorsqu'on dit, que *les corps qui roulent* dans les cieux, *décrivent autour du corps central des aires proportionnelles* aux tems.

Planche 25. Figure 18.

39. ICI l'on doit observer que les triangles ou *aires* T L L, T l *l*, sont non-seulement égales, mais semblables, & par conséquent le corps L décrit dans ce cas les arcs égaux L L & l *l* en tems égaux, aussi-bien que des *aires* égales ; de sorte que le mouvement de L autour de T est égal, & n'est ni acceleré ni retardé. Tels sont les mouvemens des *satellites* de *Jupiter* autour de son centre, leurs orbites étant circulaires (autant qu'on en peut juger par les observations faites jusqu'ici) excepté autant qu'ils se détournent les uns les autres par pesanteur mutuelle, & qu'ils sont détournés par le soleil selon les différentes distances de *Jupiter*

au soleil, ou par *Saturne* dont l'attraction devient sensible dans sa conjonction, ou auprès de sa conjonction avec *Jupiter*. Mais on peut négliger ici toutes ces inégalités; parce que quoiqu'elles suivent nécessairement de l'attraction mutuelle des corps, elles ne sont pas assez considérables pour être observées avec les telescopes. LEÇON V.

40. SUPPOSONS maintenant que le corps T ne soit pas dans le centre de l'orbite, comme la terre n'est pas dans le centre de l'orbite de la lune, mais qu'il en soit éloigné de toute la longueur CT (*Figure* 19.). Si l'on observe la lune ou le corps qui fait sa révolution en L & L, & qu'on trouve qu'il ait parcouru l'arc LL dans l'espace d'un jour; si ensuite on l'observe 14 jours après en *l*, le jour suivant il sera non pas en λ (où il auroit été dans un jour si sa vîtesse n'avoit pas augmenté) mais il arrivera en *l*; sa vîtesse croissant de maniére qu'il décrit un arc d'autant plus grand qu'il est plus près du corps central T, autrement la derniere *aire* décrite ne seroit pas égale à la premiere; car autant que T *l* distance au corps central dans le commencement de la description de la derniere *aire*, est moindre que T L distance au corps central dans le commencement de la premiere, autant l'arc décrit dans la derniere est plus grand; ce qui manque à la derniere *aire* en longueur, est suppléé par sa largeur. Planche 25. Figure 19.

41. SI au lieu d'un cercle, le corps qui roule se meut dans une ellipse, & que le corps central soit placé dans l'un de ses foyers (comme dans le cas de la lune autour de la terre, & encore plus exactement dans celui des planétes & des cométes dans leur mouvement autour du soleil) & si tout le tems périodique de la révolution du corps est divisé en parties égales, dans chacune d'elles le corps (par son *rayon vecteur*) décrira une *aire* égale; mais aucune de ces aires ne sera semblable, excepté celles qui sont décrites de chaque côté de l'axe de l'ellipse, dans les parties correspondantes de la courbe, à distances égales du corps central. Soit A B C D E P F G H J qui représente une des ellipses décrite par une planéte ou une cométe autour du soleil; P S *s* A l'axe de l'ellipse, & S, *s* ses *foyers*; S le soleil & A une planéte dans l'*aphelie* du soleil (c'est-à-dire, à la plus grande distance de cet astre) & P la même planéte au *perihelie*, (ou à la moindre distance du soleil) & que le tems de la révolu- Planche 25. Figure 20.

Leçon V.

tion soit divisé en dix parties égales ; la planéte partant de A & allant vers B, décrira par son *rayon vecteur* AS, successivement les 10 *aires égales*, ASB, BSC, CSD, ESP, PSF, FSG, GSH, HSJ, JSA, dont il n'y a que chacune des deux *aires* correspondantes qui soient semblables, comme BSC est semblable à JSH, DSE à GSF, &c.

COROLLAIRE I.

De la il suit que dans une orbite excentrique, telle que l'ellipse, le corps qui roule se meut plus vite au *perihelie* (le soleil étant dans l'un des *foyers*) que dans l'*aphelie ;* accelerant son mouvement depuis l'*aphelie* jusqu'au *perihelie*, & le retardant depuis le *perihelie* jusqu'à l'*aphelie.*

COROLLAIRE II.

De la il suit aussi que plus l'ellipse est excentrique (c'est-à-dire, que plus elle est allongée) plus la difference de vîtesse est grande à l'*aphelie* & au *perihelie ;* tel est le cas des cométes qui se mouvant dans des ellipses fort excentriques, passent par la partie inférieure de leur orbite avec une très-grande vîtesse, mais se meuvent très-lentement auprès de leurs *aphelies.*

COROLLAIRE III.

Cela fait voir d'où vient qu'une planéte, quoique beaucoup plus fortement attirée dans son *perihelie* que dans son *aphelie*, ne tombe pas dans le soleil ; c'est qu'elle acquiert une plus grande force centrifuge à mesure que sa vîtesse augmente, & par ce moyen elle balance l'attraction du soleil qui est augmentée. De même lorsque la planéte va du *perihelie* à l'*aphelie*, quoique l'attraction du soleil soit diminuée à cause que la distance est augmentée, la planéte ne s'échappe pas de son orbite ; car sa vîtesse diminuant, sa force centrifuge diminue aussi. Dans l'ellipse représentée par la *Figure* 20, lorsque la planéte est en P, elle est six fois plus proche du soleil S, que lorsqu'elle est en A ; elle est donc 36 fois plus attirée, (*Leçon* 1. n°. 17. *Note* 11.) mais alors sa viteſſe étant aussi six fois plus grande, la force centrifuge qui croît comme le quarré de la vîtesse (*Expérience* 15.) devient 36 fois

plus grande. De sorte que l'attraction ou la *force acceleratrice*, (de quelque maniére qu'elle croisse ou décroisse, eu égard à la différente distance) est toujours balancée par la force centrifuge de la planéte. LEÇON V.

COROLLAIRE IV.

PAR-LA on voit la raison pourquoi les planétes qui sont les plus proches du soleil, forment leurs révolution dans un tems plus court, que celles qui en sont plus éloignées, afin que leur plus grande vîtesse puisse leur donner une force centrifuge suffisante pour balancer leur force centripéte (ou leur gravitation) vers le soleil; ayant aussi égard à leur quantité de matiére. (*Expérience* 12.) Les satellites de *Jupiter* & de *Saturne* ont aussi leurs tems périodiques plus courts, comme étant plus proches de leurs planétes principales, comme nous l'avons déja indiqué. (N°. 7.)

Quoique les orbites des planétes soient presque circulaires, cependant comme les *foyers* d'une ellipse sont fort éloignés l'un de l'autre, même lorsque la courbure ne différe pas beaucoup de celle d'un cercle, l'excentricité sera assez sensible pour être observée. De-là vient que notre demi année d'hyver (dans l'hemisphére nord de notre terre) où nous passons par le *perihelie*, est de huit jours plus courte que la demie année d'été, &c.

42. KEPLER est le premier qui ait découvert que les planétes par un rayon mené de leur centre au soleil, décrivent des aires proportionnelles aux tems, & qui ait conjecture que la cause de ce phénoméne est leur gravitation vers le soleil; mais il ne l'a pas démontré. Newton nous a donné cette démonstration dans ses principes, & il a fait voir que lorsqu'une force centripéte pousse un corps vers un autre, & lorsque le premier corps a reçu l'impression d'une force projectile dans une autre direction, il doit décrire autour de ce dernier des *aires* proportionnelles aux tems; & au contraire si le corps qui roule décrit par un rayon mené au corps central des aires proportionnelles aux tems, il y est poussé par une force centripéte. Ensuite il fait voir (par les observations du mouvement de la lune) que la force centripéte est la même que la pesanteur qui fait tomber nos corps par un mouvement acceleré auprès de la surface de la terre. Nous donnerons dans les notes * ses démonstrations & un plus grand détail sur cette matiére. * Note 61.

LEÇON V.

43. EN même-tems je tâcherai de faire voir de la maniére la plus aisée, comment la pesanteur fait décrire aux planétes leurs orbites excentriques par un mouvement uniformément acceleré & retardé; car quoique je ne donne pas un détail géométrique dans toutes la rigueur sur toutes les choses qui ont rapport à ce mouvement & sur la nature de la courbe, cependant chaque proposition sera une conséquence des deux Loix du mouvement déja expliquées & de leurs corollaires.

Exemple d'une orbite excentrique.

Planche 25. Figure 20.

L'ELLIPSE représentée par cette *Figure* est plus excentrique qu'aucune de celles qui sont décrites par les planétes, mais elle ne l'est pas autant que celles qui sont décrites par les cométes. Je l'ai choisie comme une ellipse moyenne; parce que tant les cométes que les planétes sont retenues dans leurs orbites, & continuent leurs mouvemens par les mêmes causes, la même explication servant aux unes & aux autres.

Soit S qui représente le soleil, A la planéte ou la cométe qui est poussée par la pesanteur (ou mutuelle attraction du soleil & du corps qui roule) vers le soleil dans la direction A S, & soit A M pour représenter la quantité de cette force; c'est-à-dire, l'espace que cette force agissant seule feroit décrire à la planéte dans un tems donné. Supposons que la planéte A ait reçu une force projectile dans la direction A *a* à angles droits avec A S. Si A *a* exprime l'espace que la force projectile seule auroit fait décrire à la planéte dans le même tems donné, & que la quantité de cette force soit telle qu'en agissant conjointement avec la pesanteur, elle fasse décrire à la planéte (en parcourant la diagonale A *m* du parallélograme achevé A *a m* M) le cercle A *m* μ, &c. dont le centre est S, centre du soleil; alors une plus grande force projectile telle que A *a* (la force de pesanteur A M restant la même) fera décrire à la planéte la diagonale A *n* du parallélograme A *a n* M, & une ellipse A *n* ν, &c. dont le *foyer* le plus près est S; alors le point A deviendra le *perihelie* au lieu de l'*aphelie*, & le mouvement sera retardé depuis A jusqu'à ce que la planéte arrive à l'*aphelie* de l'autre côté de S; & ensuite depuis cet *aphelie* il sera acceleré jusqu'à ce qu'elle revienne en A, par où le mouvement a commencé. Mais si la force projectile est moindre que nous l'avons supposé pour faire mouvoir la planéte dans

un

un cercle, & ſi elle s'exprime par A a, au lieu de A *a*, alors la planéte (commençant ſon mouvement dans la diagonale A B du parallélograme A a B M) décrira l'ellipſe ABCDEPFGHJA. Le ſoleil S étant dans le foyer le plus éloigné, & le foyer le plus proche étant en S, de ſorte que maintenant A ſera l'*aphelie*, & P le *perihelie*.

Maintenant pour faire voir comment la planéte eſt accelerée en allant de l'*aphelie* au *perihelie*, nous obſerverons que dans ſa premiere ſortie, la direction de la force projectile A *æ* eſt à angles droits avec celle de la peſanteur (ou de la force centripéte) A S. Lorſque la planéte par l'action réunie des deux forces eſt arrivée en B; la force projectile a ſa nouvelle direction le long de la tangente B *b*, qui fait un angle aigu avec la direction de la peſanteur qui eſt maintenant B S; donc la planéte décrira une diagonale plus longue dans le même tems (n° 13.) ſçavoir B C, c'eſt-à-dire, que ſa vîteſſe augmentera de maniere que l'aire B C S par une largeur proportionnellement plus grande, ſoit égale à l'aire plus longue A B S. Lorſque la planéte eſt arrivée en C, la direction de la force projectile le long de la tangante C *c*, faiſant toujours un angle aigu avec C S direction de la peſanteur, les deux forces réunies accelereront toujours la planéte, & la porteront de C en D dans le même tems qu'elle eſt partie au commencement de A en B. Les mêmes forces conſpirant toujours dans leurs directions D *d* & D *ſ*, lorſque la planéte eſt en D, la conduiront en E dans un eſpace de tems égal au premier : & enfin les mêmes forces avec leurs directions conſpirant enſemble accelereront encore la planéte dans ſon mouvement de E à ſon *perihelie* P ou ſa vîteſſe eſt la plus grande de toutes. Au *perihelie* P, la direction de la force projectile eſt le long de la tangente P *p*, & fait un angle droit avec P S direction de la peſanteur : donc la planéte par l'action de ces deux forces ira en F. Lorſque la planéte eſt en F, la direction de la force projectile, le long de la tangente F *f* fait un angle obtus avec F S direction de la peſanteur, & par conſéquent le mouvement de la planéte ſera retardé; (n°. 13.) parce que la diagonale F G eſt plus courte, à meſure que l'angle *f* F S eſt plus ouvert, & les forces commencent à agir l'une contre l'autre. Cet angle deviendra encore plus grand en G, de ſorte que la force de la peſanteur dans la direction G S arrêtera la force projectile qui agit maintenant dans la ligne G *g*, & qui retarde toujours plus la planéte. L'angle continuant d'être obtus

LEÇON V.

en H & J, la planéte ſera toujours retardée juſqu'à ce qu'elle arrive à l'*aphelie* A, où ſon mouvement eſt le plus lent de tous.

N. B. *On pourroit peut-être objecter ici que puiſque les angles* a A S, *b* B S, *c* C S, *&c. ne décroiſſent que juſqu'à mi-chemin de* A *en* P; * *& que les angles* S P *p*, S F *f*, S G *g*, *&c. ne croiſſent que juſqu'à mi-chemin de* P *en* A, *la planéte qui deſcendra vers le perihelie ne doit augmenter de vîteſſe que juſqu'au milieu du chemin; parce qu'alors les angles, comme* S E *e*, *&c. croiſſent de nouveau: & qu'elle ne devroit pas non plus retarder ſon mouvement lorſqu'elle eſt arrivée au milieu du chemin de* P *en* A, *parce que les angles formés par les directions des deux forces ne croiſſent plus, mais décroiſſent par degrés. Mais ici nous devons conſidérer qu'il y a une autre cauſe d'acceleration & de retardement qui ne dépend pas de la quantité de l'angle ci-deſſus mentionné, & qui continue de croître après que les angles ceſſent de diminuer dans la deſcente de la planéte vers le ſoleil, & que cette cauſe continue de même à décroître lorſque cette planéte monte du* perihelie *à l'*aphelie, *même après que les angles de directions des forces ont ceſſé de croître: & cette cauſe eſt la diſtance diminuée ou augmentée du corps central (ou du ſoleil* S.) *la puiſſance de l'attraction changeant continuellement en raiſon réciproque du quarré de cette diſtance. Si, par exemple, nous voulons comparer la vîteſſe de la planéte en* D *&* E; *il nous faut achever le parallelograme* D *δ* E *d*, *dont leux côtés* D *δ* & D *d*, *repreſentent la force de la gravité & la force projectile lorſque la planéte eſt en* D; *enſuite nous devons auſſi achever le parallelograme* E *ε* P *e*, *dans lequel* E *ε eſt plus grand que* D *δ en même proportion que la peſanteur eſt plus grande en* E *qu'en* D; *de même* E *e doit être plus grand que* D *d à proportion que la force projectile par ſon acceleration continuelle, eſt auſſi devenue plus grande; & quoique l'angle* E *e ſoit plus grand que* D *d*, *nous aurons une diagonale* E P *plus grande, à cauſe de la plus grande longueur des côtés dans le parallelograme* E *e* P.

* Note 7.

44. POUR faire voir combien la gravitation des planétes & des cométes (car ce que nous avons dit des planétes doit s'appliquer aux cométes) vers le ſoleil, s'accorde avec la gravitation des corps peſans vers la terre; jettons un coup d'œil ſur la 21e *figure* qui repreſente une ellipſe allongée ou l'orbite de la cométe autour du ſoleil S, lorſque π repreſente le *perihelie*. La demi

ellipſe $\pi \, æ$ eſt la ligne dans laquelle le mouvement de la comete eſt uniformément retardé & la demi ellipſe $æ \, \pi$ eſt celle ou le mouvement de la cométe eſt uniformément acceleré. Maintenant ſi au lieu de renfermer le ſoleil S dans l'orbite, on jette d'une partie de la ſurface du ſoleil P un corps en haut, en ſorte qu'il monte juſqu'en A, ſon mouvement ſera uniformément retardé juſqu'à ce qu'il arrive en A, où il aura ſa moindre vîteſſe ; enſuite il retournera & tombera dans la ligne A *p* accelerant ſon mouvement juſqu'à ce qu'il arrive en *p*, employant préciſément autant de tems à monter qu'à deſcendre, & c'eſt ce que nous avons fait voir au ſujet de l'action de la peſanteur ſur les projectiles, en faiſant abſtraction de la reſiſtance de l'air.

45. CONSIDERONS maintenant la reſiſtance de l'air & comparons-la avec un milieu reſiſtant quelconque, pour voir ce qui arriveroit aux planétes, ſi elles ſe mouvoient dans un tel milieu.

Nous avons fait voir (n°. 35.) que lorſque les corps ſe meuvent dans l'air, ils perdent une partie de leur mouvement par la reſiſtance de l'air, à proportion du quarré de leur vîteſſe, & que cette reſiſtance empêche les corps qui tombent d'accelerer leur mouvement, autant qu'ils le feroient s'ils tomboient dans le *vuide ;* parce que cette reſiſtance enlevant continuellement une partie de la vîteſſe que la peſanteur ajoute au corps qui tombe, rapproche toujours le mouvement du corps de plus en plus à un mouvement d'égalité. Si donc les planétes ſe mouvoient dans un *milieu* reſiſtant, tel que la matiére celeſte, que les Cartéſiens ſuppoſent ; la reſiſtance de cette matiére empêcheroit que la planéte n'acquit en deſcendant au perihelie, la vîteſſe qui eſt néceſſaire pour faire balancer ſa force centrifuge avec la force de la peſanteur : car cette derniere force croîtroit toujours à proportion du quarré de la diſtance diminuée, de quelque nature que fût le *milieu* qui environne le ſoleil ; mais la force centrifuge n'auroit pas ſon accroiſſement convenable, ſi la planéte n'avoit pas la vîteſſe requiſe. La conſéquence ſeroit donc que la planéte changeroit de route, & qu'elle s'approcheroit toujours du ſoleil, roulant dans une ellipſe plus allongée. Dans la révolution ſuivante, la planéte venant au *perihelie*, & n'ayant pas une force centrifuge convenable, s'approcheroit encore plus du ſoleil par l'attraction (qui ne ſeroit pas diminuée, mais augmentée, parce que le *perihelie* ſeroit alors

LEÇON V.

plus proche ;) ainſi l'ellipſe ſe changeroit encore en une ellipſe plus allongée, & le *perihelie* ſuivant ſeroit encore plus proche, juſqu'à ce que la planéte n'ayant pas ſa vîteſſe convenable dans une direction le long de la tangente, & s'approchant toujours plus dans chaque révolution, viendra enfin à tomber dans le ſoleil.

Maintenant, puiſque cela n'arrive pas, il eſt évident qu'il n'y a point de *milieu* reſiſtant pareil, ou de *matiere celeſte d'un tourbillon*, que les Cartéſiens ſuppoſent être la cauſe du mouvement des planétes autour du ſoleil. Bien loin de-là, un tel fluide détruiroit le mouvement des planétes, comme nous l'avons fait voir.

Mais ce qui détruit entierement l'hypotheſe *Cartéſienne* (auſſi bien que l'opinion des anciens Philoſophes, qui ſuppoſoient que chaque planéte étoit enchaſſée dans un orbe ſolide de criſtal, qui l'entraînoit circulairement) c'eſt l'obſervation des cométes, qui ne ſont ni des météores comme quelques anciens les avoient ſuppoſés, ni des planétes qui paſſent d'un tourbillon à l'autre, comme les *Cartéſiens* le prétendent; mais ce ſont des planétes qui ſe meuvent dans des orbites fort excentriques, que nous examinerons plus à fond dans un autre endroit. * Nous remarquerons ſeulement ici qu'elles ſe meuvent fort librement dans toutes les parties du ciel & de tous les côtés, & que par conſéquent les cieux ne ſont pas des coquilles ſphériques, qui les arrêteroient; ni des tourbillons de matiére, qui changeroient leur direction par degrés, & qui à la fin les feroient mouvoir à fort peu près dans le même plan que les planétes, dont les orbites ont tous leurs plans renfermés dans la largeur d'une zone de peu de degrés. Mais ce qui eſt le plus contraire à l'hypotheſe *Cartéſienne*, c'eſt le mouvement d'une cométe retrograde, comme celle de l'an 1682. qui ſe mouvant de l'Eſt à l'Oueſt étoit portée directement contre le courant ſuppoſé de la matiére celeſte; au lieu que ſon mouvement auroit dû être d'abord diminué, enſuite totalement arrêté, & enfin dans une direction contraire (ce qui doit arriver lorſqu'un corps ſe mouvant de l'Eſt à l'Oueſt tombe dans un tourbillon qui ſe meut de l'Oueſt à l'Eſt) elle accelera ſon mouvement en deſcendant vers le ſoleil.

* Note 8.

46. QUOIQUE nous puiſſions fort bien appeller *vuide* le *milieu* où les planétes ſe meuvent; cependant, puiſque la lumiere traverſe tous les eſpaces celeſtes, & qu'il peut ſortir des cométes

& des planétes quelques *écoulemens* ſubtils, il y aura (en parlant exactement) quelque reſiſtance au mouvement d'une planéte quoiqu'elle ſoit pluſieurs mille fois moindre que celle que notre air produiroit; & cette reſiſtance après un grand nombre d'années, doit alterer le mouvement des planétes, de maniere qu'il ſera néceſſaire que l'Auteur de la nature y mette la main pour le rétablir. * Si l'on a trouvé quelque alteration dans leurs orbites, quoique très-petite, depuis que les Aſtronomes ont commencé à faire des obſervations exactes (comme pluſieurs aſſurent qu'ils en ont trouvé) cela ſuffit pour faire voir que le monde n'eſt pas éternel, quand il n'y auroit pas d'autres preuves contre ſon éternité. LEÇON V.

On a obſervé que le ſoleil a une grande atmoſphére; comme ſa ſurface, à cauſe de ſa chaleur immenſe doit toujours pouſſer en dehors des *écoulemens* de matiére; ces *écoulemens* (excepté ceux qui ſont aſſez petits pour devenir des particules de lumieres, & qui ſont pouſſés avec une vîteſſe immenſe) flottant tout autour du corps du ſoleil, doivent former un milieu pour le moins auſſi denſe que notre air. Maintenant ſi une cométe s'approche aſſez pour entrer dans l'atmoſphére du ſoleil, elle s'approchera toujours du ſoleil de plus en plus dans chaque révolution à raiſon de la reſiſtance qu'elle trouvera. Tel a été peut-être le deſtin de la cométe obſervée en 1680, laquelle approcha tellement du ſoleil, dans ſon *perihelie*, qu'elle ne fut éloignée de la ſurface du ſoleil que de la ſixiéme partie du diamétre de cet aſtre. Par les connoiſſances que nous avons, pluſieurs cométes doivent être tombées dans le ſoleil, ſans que nous l'ayons obſervé ou que l'on s'en ſoit apperçu, & peut-être ces corps peuvent ſervir de nourriture pour remplir le vuide qui ſe fait dans le ſoleil en fourniſſant la lumiere à tout le ſyſtême. Car quoiqu'on ait objecté qu'une cométe ne ſeroit qu'un petit ſupplément, cependant ſi elle étoit auſſi grande que la terre ſon diamétre ſeroit la 100e partie de celui du ſoleil; c'eſt-à-dire, que ſa ſolidité ſeroit la millioniéme partie de celle du ſoleil, & elle ſuffiroit pour fournir au ſoleil autant qu'il peut perdre de matiére en répandant la lumiere pendant pluſieurs années: & même quand la cométe ne ſeroit pas plus grande que que la lune (comme on ſuppoſe que pluſieurs cométes ont été de cette grandeur) elle ſuffiroit cependant pour ſuppléer au vuide produit par la lumiere.

* C'eſt l'opinion de *Newton*. Voyez ſes queſtions à la fin de ſon *Optique*.

LEÇON V.

47. QUOIQUE ce ne ſoient-là que des conjectures, je crois que le Lecteur ne ſera pas fâché de voir dans une figure, comment une cométe, lorſquelle eſt une fois entrée dans l'atmoſphére du ſoleil, doit enfin tomber dans le corps de cet aſtre.

Planche 26. Figure 1.

Planche 26. Figure 1.

SOIT ABPπ l'orbite d'une cométe, S & F ſes *foyers*, S le ſoleil & DBC l'atmoſphére du ſoleil. Lorſque la cométe vient de l'*aphelie* A au *perihelie* juſqu'en B, la reſiſtance de l'atmoſphére du ſoleil empêchant une partie de l'acceleration que la cométe auroit dû avoir, l'attraction du ſoleil donne à ſon orbite plus de courbure au *perihelie*, la ramenant plus près de lui & la fait venir en *b* au lieu de π en ſortant; de ſorte qu'elle a alors moins de courbure, parce que l'attraction du ſoleil lorſque la cométe ſort, agit plus directement contre la direction de la force projectile. Cela doit rendre l'ellipſe plus longue, porter ſon *aphelie* en A faire que ſon *foyer f* ſoit plus éloigné du ſoleil, que lorſqu'il étoit en F. Dans la révolution ſuivante, lorſque la cométe deſcend en B, elle s'approche encore plus du ſoleil dans ſon *perihelie*, & elle prend en B une nouvelle direction, de ſorte qu'elle décrit une ellipſe encore plus longue, dont le *foyer* le plus éloigné eſt en φ, & l'*aphelie* en *a*; & ainſi de ſuite, juſqu'à ce qu'à la fin elle deſcend dans le ſoleil par la ligne *a* S. Mais ſi une cométe ſe meut dans l'orbite *a p*, dont les foyers ſont au ſoleil S & en *f*, & dont le *perihelie p* eſt totalement hors de l'atmoſphére du ſoleil, le mouvement du corps qui fait ſa révolution ne ſera pas ſenſiblement troublé de pluſieurs milliers d'années.

On ne peut bien comprendre les autre choſes qui ont rapport à l'Aſtronomie qu'après avoir expliqué la 3e Loi de mouvement.

TROISIÉME LOI DE MOUVEMENT.

48. A chaque action eſt toujours oppoſée une réaction égale; ou bien les actions mutuelles des corps les uns ſur les autres, ſont toujours égales & ont des directions contraires.

Tout ce qui tire ou preſſe un autre corps, en eſt autant attiré & preſſé. Si un homme preſſe une pierre avec le doigt, ſon doigt eſt auſſi preſſé par la pierre. Si un cheval tire une pierre attachée à une corde, le cheval (pour ainſi dire) eſt également tiré en

arriere vers la pierre : car la corde étant bandée, par le même effort qu'elle fait pour se relâcher & se débander, tire autant le cheval vers la pierre, que la pierre vers le cheval, & elle empêche autant l'un d'avancer qu'elle fait avancer l'autre. Supposons, par exemple, que le cheval soit capable de surmonter un obstacle qui pese 1000 livres, en pressant contre lui avec sa poitrine ; lorsqu'il tire une pierre de 100 livres pesant, il n'est plus capable que de vaincre un obstacle de 900 livres, la pierre retranchant de la force du cheval autant qu'il en faut pour s'avancer elle-même. Il faut donc s'attacher à bien comprendre ce terme *autant* & à le bien distinguer de celui-ci *aussi vîte*. Si un corps en frappe un autre & si par sa force il en change le mouvement, ce corps essuyera aussi (à cause de l'égalité de la pression mutuelle) un changement égal de son propre mouvement vers le côté opposé. Les changemens produits par ces actions seront égaux, non pas dans les vîtesses (excepté dans le cas où les deux corps ont la même quantité de matiére) mais dans les mouvemens ou *momens* des corps ; ce qui doit s'entendre, si les corps ne sont pas arrêtés par d'autres obstacles. Car puisque les mouvemens sont également changés, les changemens de vîtesse qui se font vers les parties opposées seront en raison réciproque des corps. *Cette Loi a aussi lieu dans les attractions.*

Planche 26. Figure 2.

Planche 26. Figure 2.

49. Si dans un grand vaisseau d'eau A B, on fait nager une pierre d'aiman L *l* sur un morceau de liege, & une piece de fer ou d'acier J *i* du même poids sur un autre morceau de liege, ils s'approcheront l'un de l'autre, & ils se rencontreront en C, milieu de leur distance ; ce qui fait voir que l'attraction est mutuelle entre la pierre d'aiman & le fer.

Tout le monde sçait qu'une longue piece d'acier, dont les deux bouts ont été frotés sur les poles d'un aiman, attire par un bout le pole qui lui a donné sa vertu & repousse l'autre pole ; & ainsi de l'autre bout. Si donc J *i* est la piece d'acier qui a été touchée, & que son extrémité J ait reçu sa vertu du pole L de la pierre, & *i* du pole *l* ; l'aiman & l'acier viendront à la rencontre l'un de l'autre de la maniere qu'on vient de le dire, lorsque J est placé vers L ; mais si *i* de l'acier est placé vers L de la pierre, ou *l* de la pierre vers J de l'acier, & qu'on les approche de C

LEÇON V.

autant que les liéges sur lesquels ils flottent, le pourront permettre, alors au moment qu'ils seront abandonnés à eux-mêmes, la pierre & l'acier se repoussent mutuellement; ce qui fait voir, que l'action & la réaction sont égales & contraires aussi-bien dans les répulsions que dans les attractions. * Note 9.

Planche 26. Figure 3.

50. AG & BF (*Planche 26. Figure 3.*) sont deux bateaux d'égal volume & de même poids, flottant sur l'eau & en repos, à la distance G F; un homme dans l'un en G tire une corde attachée en F; en tirant il joint ensemble les deux bateaux, & ils se rencontrent en C leur centre commun de gravité, lequel se trouve ici (parce qu'ils sont égaux) au milieu de leur distance. (*Leçon 2.* n°. 31.) Lorsque les bateaux sont unis en C, si l'homme pousse le bateau F B loin de lui, ce bateau & celui où il est se sépareront l'un de l'autre à égales distances de C. Mais si le bateau F B avoit été une fois aussi gros, (par exemple s'il avoit été F B H) & que le centre commun de gravité des deux bateaux eût été en *c*, la distance des bateaux étant G F; alors par l'attraction de l'homme, les bateaux se seroient rencontrés en *c*, le plus grand bateau ne parcourant que la moitié de l'espace parcouru par le plus petit; de même s'ils étoient poussés loin du point *c*, la vîtesse de leur séparation auroit été réciproquement proportionnelle à leur masse; c'est-à-dire, que A G se seroit écarté une fois aussi loin que F B H, leur centre commun de gravité restant en repos dans dans les deux cas. (*Leçon 2.* n°. 32.) On voit ici clairement que les *momens* des deux bateaux sont toujours égaux, quoique leurs vîtesses ne soient égales que lorsque les bateaux sont égaux, & ces *momens* égaux par lesquels les bateaux sont portés vers les côtés opposés, font voir que l'action & la réaction, dans tous les cas où les corps agissent les uns sur les autres, sont égales & contraires. Si le bateau A G avoit été joint à un grand vaisseau, & que l'homme eut poussé son bateau loin du vaisseau; il auroit donné autant de mouvement au vaisseau qu'au bateau; je dis que le vaisseau se seroit mû *autant*, mais non pas *aussi vîte*; parce que la vîtesse du vaisseau étant d'autant plus petite que le vaisseau est plus grand que n'est le bateau, auroit été insensible à la vûë, & par conséquent le vulgaire en ce cas s'imagine que le vaisseau ne se meut point du tout, & l'on a bien plus de peine à se persuader qu'un homme qui pousse contre le rivage pour faire avancer son bateau, donne autant de mouvement à toute la terre, qu'il

qu'il en donne à ſon bateau ; quoique la choſe ſoit très-certaine. En mettant le feu au canon, l'exploſion de la poudre pouſſe *autant* le canon en arriére, qu'elle pouſſe le boulet en avant ; mais comme la quantité de matiére eſt beaucoup plus grande dans le canon que dans le boulet, le recul n'eſt que de quelques pieds, pendant que le boulet s'avance peut-être de 10000 pieds ; en conſidérant le recul, il faut y ajouter le frottement de l'affut de canon contre la terre, qui doit encore diminuer la vîteſſe du mouvement du canon. Si le canon eſt attaché à un vaiſſeau, on ne reſſent qu'une ſecouſſe dans le navire lorſqu'on met le feu au canon, parce que toute la matiére du vaiſſeau étant ajoutée au recul du canon, la vîteſſe diminue à proportion de cette matiére, qui rend cette vîteſſe inſenſible à la vûe, & ne ſe fait ſentir que par une ſecouſſe.

51. L'ACTION & la réaction ſe voyent très-clairement dans l'action de voguer, de nager & de voler ; par exemple, lorſque l'homme K dans le bateau J K (*Figure* 4.) pouſſe ſa rame, il pouſſe l'eau vers H, & l'eau pouſſe autant le bateau vers D. Dans l'action de nager, qui n'eſt autre choſe que celle de voguer avec les mains & les pieds, on eſt autant pouſſé en avant par l'eau qu'on pouſſe l'eau en arriere. La même choſe ſert à expliquer le vol des oiſeaux, qui ſont pouſſés en avant par la réaction de l'air contre leurs aîles étendues, pendant qu'ils frappent l'air avec leurs aîles. Par exemple, ſi un oiſeau frappe l'air en bas avec ſes aîles, par une force égale à celle qui pourroit élever 10 livres, la réaction de l'air le pouſſera en haut avec la même force ; mais ſi l'oiſeau peſe une livre, l'effet de la réaction de l'air le fera monter avec une force qui ne ſera que de 9 livres ; c'eſt-à-dire, que l'oiſeau s'élevera préciſément autant que feroit une livre attachée à une corde qui paſſeroit ſur une poulie, par la force de la chûte de 10 livres à l'autre bout de la corde. Si l'oiſeau ne frappoit l'air qu'avec une force égale à ſon propre poids, il reſteroit pendant quelque tems ſuſpendu dans l'air ſans aucun mouvement, comme nous voyons ſouvent que cela arrive aux milans, aux faucons & aux autres oiſeaux de proye.

52. LORSQU'ON aura bien compris les Loix précedentes du mouvement, on expliquera aiſément les *phénoménes* des marées ; mais pour rendre la choſe encore plus aiſée, il nous faut commencer par la conſidération ou *lemme* qui ſuit.

LEÇON V.

Si lorſque trois corps ſe meuvent l'un après l'autre du même côté, avec la même vîteſſe, on imprime ſur chacun d'eux une nouvelle force, mais qui ſoit plus grande dans le premier, moindre dans le ſecond, & encore moindre dans le troiſiéme, leurs diſtances les uns des autres augmenteront continuellement, quoiqu'ils continuent tous à ſe mouvoir du même côté, & que chacun d'eux ſe meuve plus vîte qu'auparavant.

Suppoſons que les trois bateaux A G, F B & J K (Figure 3 & 4.) *ſont portés par un courant d'eau de* L *vers* D, *flottant ſur l'eau avec une vîteſſe égale, & qu'il n'y ait qu'un homme attaché à la rame du bateau* A G, *deux au bateau* F B, *& quatre au bateau* J K. *Maintenant pendant qu'aucun de ces hommes ne vogue, les bateaux étant entraînés par le courant, continuent d'être à égales diſtances l'un de l'autre; de maniere que ſi un homme, étant aſſis dans le bateau du milieu, peut avec une longue perche atteindre l'avant du bateau* A G *de derriere en* G, *& la poupe du bateau de devant en* J, *il ſera toujous en état de le faire tant que les hommes qui ſont dans les bateaux ne vogueront pas: mais ſi l'on ſuppoſe que tous les hommes ſe mettent tout à la fois à voguer, le mouvement de tous les bateaux vers* D *ſera acceleré, & il le ſera d'une maniere différente; car les quatre hommes qui ſont dans le bateau de devant lui donneront plus d'acceleration vers* D, *que les deux qui ſont dans le bateau du milieu, & ces deux-ci feront marcher leur bateau plus vîte, que celui qui eſt ſeul dans le dernier bateau* A G; *en ſorte que la perſonne qui tient une perche dans le bateau du milieu* F B, *ne pourra plus atteindre ni le bateau qui paſſe devant, ni celui qui le ſuit en arriere; mais elle s'imaginera (ſi elle ne fait pas attention à ſon propre mouvement) que le bateau qui eſt devant s'écarte en avant, & que celui qui eſt derriere recule.* Cette conſidération nous aidera à expliquer la cauſe du flux & reflux de la mer.

53. SI la terre étoit parfaitement unie, ſans montagnes ou valleés, la mer formeroit tout autour une coquille d'eau, qui ſeroit concentrique à la terre, s'il n'y avoit auprès d'elle aucun corps, qui pût alterer la figure de ce fluide par ſon attraction. Soit *æ p γ n* (*Planche 26. Figure 5.*) la figure que la terre auroit dans cette ſuppoſition, C ſon centre, & A P L N la ſurface de la mer, concentrique à la terre, à cauſe de ſa gravitation égale dans toutes ſes parties vers le centre de la terre. Conſiderons maintenant quel effet doit avoir la lune en M (C M étant une diſtance de 60 demi diametres de la terre.) Puiſque l'action & la réaction ſont égales, autant que la lune gravite vers la mer en L, autant la mer gravite

Planche 26. Figure 5.

vers la lune ; mais comme la mer gravite auſſi vers C centre de la terre avec plus de force, (comme ayant 40 fois plus de matiére & étant 60 fois plus proche ;) la lune l'attirant à la diſtance M L par une direction contraire, n'enleve de ſa gravitation vers la terre que l'équivalant de la force acceleratrice à la diſtance M L. Cela fera monter l'eau qui eſt en L juſqu'à *l*, & en même-tems l'eau s'élevera de l'autre côté de la terre de A en *a*, pendant qu'elle s'abaiſſera en P & N pour fournir à l'élevation en *l* & *a*. Si l'on conſidére l'eau en L, la terre en C (réduiſant tout ſon poids à ſon centre de gravité, puiſque ce n'eſt pas un fluide qui change de figure) & aux antipodes de L l'eau en A, on aura le cas des trois corps ou des trois bateaux du *lemme* précedent : car ces trois corps gravitent vers la lune en M ; mais différemment ſelon leurs diſtances & dans les proportions ſuivantes. L'eau en L eſt éloignée de la lune M de 59 demi-diamétres de la terre ; mais le centre de la terre C en eſt éloigné de 60 demi-diamétres ; donc autant que 3600 quarré de la diſtance de la lune au centre de la terre, eſt un nombre plus grand que 3481 quarré de 59, diſtance de la lune à la mer en L, autant l'attraction de la lune, (c'eſt-à-dire, la force acceleratrice vers la lune) eſt plus grande ſur la mer en L que ſur la terre en C, ce qui fait avancer la mer vers la lune juſqu'en *l*, ou en d'autres termes, c'eſt ce qui produit la haute mer en *l* ſous la lune. Il y a auſſi dans le même tems une haute mer aux *antipodes*, où dans la partie oppoſée de la terre en *a* ; parce que l'eau y étant moins attirée que le centre de la terre (dans la proportion réciproque du quarré des diſtances, c'eſt-à-dire, autant que 3600 quarré de la diſtance du centre de la terre, eſt un moindre nombre que 3721 quarré de A M = 61, diſtance de la mer à la lune dans les antipodes) doit s'élever en *a* reſtant en arriere, ou ne s'avançant pas vers la lune autant que le centre de la terre. Car comme les trois corps L, C & A tendent tous vers la lune ; mais que L y tend avec plus de force que C, & C avec plus de force que A ; les diſtances C L & C A doivent croître par ces inégalités de forces qui agiſſent du même côté.

LECON V.

54. ON m'a ſouvent objecté, qu'il ne paroît pas problable ; que la lune éleve l'eau dans un partie de la terre en L, en attirant l'eau plus que la terre, & qu'en même-tems elle l'éleve dans la partie oppoſée de la terre, comme en A, en l'attirant moins que la terre ; mais toute l'objection diſparoîtra, ſi l'on explique ce que

LEÇON V.

l'on entend par ce mot *élever* l'eau, qui eſt ici équivoque. A l'égard de la terre, ce qui eſt plus éloigné de ſon centre eſt dit *élevé*, & dans ce ſens l'eau en *a* eſt élevée auſſi-bien qu'en *l*; mais à l'égard de la lune M, l'eau en L eſt plus *élevée*, parce qu'elle vient en *l* plus près de la lune, & l'eau en A venant en *a* plus loin de la lune, eſt plûtôt abaiſſée ou laiſſée en arriere, comme étant moins attirée que la terre. Si l'on conſidere la terre tirée vers M, enſorte que la partie B*æ*δ de ſa ſurface ſoit portée vers B*æb*, il arrivera la même choſe à un habitant de la terre en æ, que ſi l'eau (ſans aucun égard à la lune) s'étoit élevée en A, de A en *a*. Pour rendre ceci encore plus clair, ſuppoſons qu'un Habitant de la terre en A, eſt debout dans la mer auprès du rivage, enſorte qu'il ait l'eau juſqu'au milieu de ſon corps, que ſes pieds ſoient vers æ, & ſa tête vers Z le *zenich*, ſi la lune eſt dans le *nadir* en M (c'eſt-à-dire ſous la terre à l'égard de l'homme en A); la terre ſur laquelle cet homme eſt debout, ſera tirée en bas, pendant que la ſurface de l'eau ne deſcend pas ſi vîte. La conſequence ſera que l'homme ſe trouvera dans l'eau juſqu'au cou; & s'il n'a aucune connoiſſance de l'action de la lune pour tirer en bas le fonds ſur lequel il eſt appuyé, il dira que c'eſt l'eau qui monte, & c'eſt-là réellement ce que nous appellons la haute-mer, lorſque la lune eſt à nos *antipodes*.

55. EN faveur de ceux de mes Lecteurs qui ne ſont pas aſſez ſatisfaits de ce qu'on a dit juſqu'ici ſur les marées, je vais en donner une ſolution hydroſtatique, en anticipant ſeulement une propoſition évidente d'hydroſtatique; ſçavoir, *que toutes les liqueurs de la même peſanteur ſpecifique*, * *qui étant contenues dans différens vaiſſeaux, ont une communication entr'elles, ſe tiennent à la même hauteur; mais ſi dans l'un des vaiſſeaux il y a une liqueur ſpécifiquement plus legere que les autres, elle s'élevera d'autant plus haut, qu'elle ſera plus legere pour rétablir l'équilibre.*

Il faut maintenant obſerver que les points L N A P étant également éloignés du centre de la terre C, ſont également élevés, & que les eaux dans ces endroits que l'on ſuppoſe communiquer les unes avec les autres, gravitent vers le centre de la terre, ſelon les lignes L C, N C, A C & P C dans les colomnes égales L*γ*, N*n*, A*æ* & P*p*, tandis qu'il n'y a point d'autre

* Un corps eſt dit ſpecifiquement plus peſant qu'un autre, lorſqu'il contient plus de matiere ſous le même volume, ou autant de matiere ſous un moindre volume.

corps que la terre qui attire les eaux. Mais lorsque la lune est en M, les colomnes d'eau en L γ deviennent moins pesantes vers C, qu'elles ne l'étoient auparavant, parce que la lune les attire dans une direction contraire (sçavoir de L en M); ce qui doit produire le même effet que si l'eau étoit dans cet endroit specifiquement plus legere, comme elle le seroit si elle avoit perdu sa salure. Mais les colomnes en P & N ne deviennent pas moins pesantes vers C, parce que la lune tirant à angles droits sur P C & N C, ne diminuë pas la tendance des eaux en P & N vers C, & par consequent elles retiennent toute leur pesanteur; ce qui fait qu'elles pesent plus que les colomnes en L, qui ont perdu une partie de leur pésanteur vers C. Les eaux donc tomberont en P & N, & s'éleveront en L, jusqu'à ce que les eaux venant de L en *l*, ayent autant augmenté en quantité qu'elles ont perdu en pesanteur specifique, & par ce moyen l'*équilibre* sera rétabli. De même les colomnes d'eau en A, qui ont moins de tendance vers C, que les eaux en P & N deviennent (pour ainsi dire) specifiquement plus legeres, & par consequent pour conserver l'*équilibre*, elles doivent recevoir une nouvelle quantité d'eau de P & N, qui les élevera en *a*.

Leçon V.

56. Je n'ignore pas une objection que l'on fait ici, & qui paroît d'abord être d'une grande force; sçavoir que puisque les eaux en L par l'attraction de la lune, ont une tendance vers la lune, dans la direction L M; les eaux en A doivent aussi recevoir une tendance vers la lune dans la direction A M par l'action de la lune, quoique cette action soit moindre en A qu'en L; & par conséquent bien loin que leur pesanteur ou tendance vers C soit diminuée, elle doit être augmentée par une addition quelque petite qu'elle soit; donc elles doivent presser plus vers C, que les eaux en P & N, & ainsi elles doivent s'abaisser en A, au lieu de s'élever vers *a*.

Pour répondre à cela, il faut faire attention que comme la terre en C est plus attirée vers la lune que l'eau en A, c'est la même chose que si on éloignoit le centre de gravité de la terre de C en *c*; & par ce moyen l'eau en A seroit d'autant moins attirée vers C, que la distance A *c* seroit plus grande que A C (Leçon 1. N°. 17.) ensorte que même avec la force additionnelle qui lui est donnée par la lune dans la même direction, elle auroit moins de tendance vers le centre de la terre, que l'eau en P & N, &

LEÇON V. par conséquent elle devroit s'élever en *a* par l'écoulement des eaux de P & N.

57. IL y a une autre objection qui semble renverser tout le fondement de ce raisonnement sur les marées, & rendre le cas entierement différent de l'exemple des trois bateaux que nous avons donné pour l'éclaircir.

La voici : Si la terre C, & les eaux en L & A (comme dans le cas des trois bateaux), étoient toutes portées vers la lune, la terre & la lune devroient avec le tems se réunir ; mais on ne peut pas observer qu'elles s'approchent le moins du monde : les distances de la terre & de la lune ne variant que selon la nature de la courbe dans laquelle la lune se meut, & selon les actions réunies du soleil & de la terre dans les différentes positions de ces trois corps, & dans les différentes distances de la terre au soleil, à mesure qu'elle décrit autour de lui son orbite elliptique.

Pour répondre à cela, on doit observer que c'est une conséquence nécessaire de l'attraction mutuelle de tous les corps, & de la troisiéme loi, que la terre doit graviter vers la lune, aussi-bien que la lune vers la terre ; mais qu'il ne faut pas s'attendre à voir la terre s'approcher de la lune, parce qu'une autre cause détruit cet effet. Car la lune & la terre (comme nous l'avons remarqué ci-devant, Leçon 2. N°. 32.) décrivant des ellipses semblables autour de leur centre commun de gravité, acquierent par la vîtesse de leur mouvement une telle force centrifuge, qu'elle balance (ou détruit quant à l'effet) leur force centripéte vers le centre commun de gravité. Par ce moyen il ne leur reste qu'une tendance, & non aucun effet visible dans la terre elle-même. Mais à l'égard des eaux, cette tendance doit produire un effet visible, quoiqu'elles n'abandonnent jamais la terre, parce qu'il y a une communication de l'eau en P & en N à celle qui est en L & en A ; & comme nous avons déja démontré que les eaux en L & en A ont moins de tendance vers C, centre de la terre, que les eaux en P & en N ; l'effet de cette tendance sera que les eaux s'éleveront en A & L, & tomberont en P & L pour conserver l'*équilibre* ; mais s'il n'y avoit point de communication entre P, N & A, L, il n'y auroit point d'effet visible ; c'est-à-dire, que l'eau ne s'éleveroit pas en L & A, comme cela arrive dans les lacs & dans les mers qui n'ont point de communication avec l'océan, à moins qu'elles n'ayent une vaste étendue.

LEÇON V.

58. CE que j'ai encore à faire voir au ſujet des marées, eſt l'élevation & l'abaiſſement de l'eau, qui arrivent ſucceſſivement dans chaque endroit; par exemple, ſi la haute mer eſt à *Portſmouth* à midi, la baſſe mer arrivera un peu après ſix heures du ſoir; enſuite vers le minuit, ou ſix heures après, la haute mer reviendra, à ſix heures du matin la baſſe mer, & environ à midi le jour ſuivant, encore la haute mer, &c. On voit par ce qui a été dit, que les eaux autour de la terre forment par l'attraction de la lune un ſphéroïde allongé, dont le plus grand axe prolongé paſſe par le centre de la lune; comme le ſphéroïde *l* N *a* P (*Figure* 5.) dont l'axe eſt *al*, & qui étant prolongé paſſe par le centre de la lune en M. Suppoſons maintenant que L ſoit un Port de Mer ſur l'Océan, par exemple, à *Lucaio*, l'une des Iſles *Bahama*, à 27°. de latitude nord, & que C eſt l'axe auſſi-bien que le centre de la terre, & que *Lucaio* ſoit à midi en L, lorſque l'eau eſt ſous la lune M; comme la terre tourne de l'oueſt à l'eſt, *Lucaio* ſera dans ſix heures portée en P, où l'eau eſt la plus baſſe (car le ſphéroïde de l'eau ſera immobile par rapport à la lune, que nous ſuppoſons en repos en M, pendant que tous les Pays de la terre tournent dans le cercle L P A N, ou dans d'autres cercles paralléles). Six heures après, *Lucaio* arrivera en A, où elle aura haute mer; ſix heures enſuite, elle ſera en N, où l'eau eſt baſſe; & enfin elle reviendra en L le jour ſuivant à midi, & ainſi elle aura haute mer.

Le fait eſt, que s'il y a haute mer dans un endroit aujourd'hui à midi, la haute mer ne ſera le jour ſuivant qu'environ 53 minutes, c'eſt-à-dire près d'une heure après midi. La raiſon de cela eſt, que la lune ne reſte pas immobile dans le Ciel, comme nous venons de le ſuppoſer, mais qu'elle parcourt dans ſon orbite 13 dégrés & $10\frac{1}{2}$ minutes; par exemple, l'arc M *m* (*Figure* 6.) en 24 heures; de ſorte que lorſqu'un lieu de la terre, comme *Lucaio*, a paſſé de L en L, enſuite de *l* en λ, & eſt enfin revenu au même point à la même heure en L; la lune n'étant plus en M, mais en *m*, la haute mer a changé de place avec la lune, & le grand axe du ſphéroïde n'eſt plus L *l*, mais N *n*; par conſéquent *Lucaio* doit ſe mouvoir juſqu'en N, où ſe trouve la haute mer vers la lune, le ſphéroïde de l'eau étant maintenant repréſenté par l'ovale ponctuée, dont l'axe prolongé eſt la ligne *n* N *m*, & le tems de ce mouvement ſera d'environ 53 minutes, à raiſon de 15 dégrés par heure, que chaque Pays de la terre parcourt de l'oueſt à l'eſt.

LEÇON V.

59. OUTRE cette élevation & cet abaiſſement alternatifs de l'eau deux fois en 24 heures, on a obſervé qu'au tems de la pleine lune & de la nouvelle lune, les marées (qui s'appellent alors hautes marées) ſont plus grandes qu'au tems des quadratures, c'eſt-à-dire lorſque nous ne voyons que la moitié de la lune; & comme l'eau s'éleve plus haut dans le flot, elle deſcend auſſi plus bas dans le juſſant ou reflux, lorſque la lune eſt pleine, ou qu'elle eſt nouvelle.

Les marées qui arrivent aux quadratures ſe nomment *baſſes* marées, & l'on peut rendre raiſon des unes & des autres par l'action réunie du ſoleil & de la lune.

Si l'on conſidére l'action du ſoleil ſur les eaux & la réaction des eaux, comme nous l'avons fait par rapport à la lune, on trouvera (par les mêmes raiſons) que les eaux doivent s'élever ſous le ſoleil, & aux *antipodes;* mais comme l'attraction du ſoleil, à cauſe de ſa diſtance immenſe, eſt plus de cinq fois moindre que celle de la lune, * tous ſes effets, le reſte étant égal, ſeront plus de cinq fois moindres. Maintenant puiſque tant la lune que le ſoleil agiſſent ſur les eaux, lorſque leurs actions ſe confondent enſemble (comme il arrive lorſque la lune eſt *pleine* ou *nouvelle*) l'eau s'éleve d'un cinquiéme plus haut, & deſcend un cinquiéme plus bas; & lorſque leurs actions ſont contraires l'une à l'autre (comme elles le ſont aux quadratures) les eaux montent & deſcendent un cinquiéme moins. Newton a fait voir (*Princip.* L. 3. *Prop.* 38.) que la lune eſt capable d'élever de 10 pieds l'eau de l'Océan, & que le ſoleil ne peut l'élever que de 2 pieds: Donc lorſque leurs deux actions ſont réunies, l'eau s'élevera de 12 pieds; & lorſqu'elles ſont contraires l'une à l'autre, l'eau ne s'élevera que de huit pieds. Mais on comprendra mieux ceci par une Figure.

Planche 26. Figure 7.

Planche 26. Figure 9.

ACL eſt la terre, dont le centre eſt en C; M ou *m* la lune;

* La ſurface viſible des corps décroît comme les quarrés de leurs diſtances croiſſent, & la puiſſance de l'attraction des corps (c'eſt-à-dire leur force accélératrice) décroît dans la même raiſon. Donc ſi le ſoleil & la lune avoient la même denſité, leurs attractions ſur la terre & ſur la mer ſeroient égales lorſque leurs diamétres apparents ſont égaux. Mais le ſoleil ayant environ cinq fois moins qu'une lune de même volume (c'eſt-à-dire, étant environ cinq fois moins denſe que la lune) a cinq fois moins de *force abſolue*, & par conſéquent doit avoir cinq fois moins de puiſſance pour mouvoir la mer.

dont

dont l'action réduit l'eau au ſphéroïde allongé *Inap*, dont l'axe prolongé paſſe par la lune. S eſt le ſoleil, qui, s'il n'y avoit point de lune, auroit élevé l'eau en L, & au côté oppoſé en A, enſorte qu'il l'auroit réduite au ſphéroïde A P L N, moins allongé que celui de la lune. Maintenant lorſque le ſoleil & la lune ſont dans la même ligne (comme lorſque la lune eſt pleine en M, ou nouvelle en *m*) les axes des deux ſphéroïdes ſe confondent, enſorte que l'eau qui n'auroit été élevée par la lune qu'en *a* & *l*, ſera par la force additionnelle du ſoleil élevée en æ & λ à 12 pieds au lieu de 10, & par conſéquent abaiſſée d'autant en *p* & *n*. Mais ſi la lune étant en M ou *m*, le ſoleil étoit en *s* ou *σ* (c'eſt-à-dire, aux quadradures, lorſque la lune paroît à demi) l'action du ſoleil ſeroit capable d'élever l'eau en P & N, ſi elle agiſſoit ſeule; mais comme la lune éleve l'eau en même-tems en *a* & *l*, tout l'effet de la force du ſoleil ne ſera que pour empêcher l'eau de s'élever auſſi haut ſous la lune & au côté oppoſé de la terre, que la lune l'auroit élevée ſans cet obſtacle; enſorte que l'eau, au lieu de s'élever en *a* & *l*, ne s'éleve qu'en A & L, de 8 pieds au lieu de 10, & l'eau eſt ſeulement abaiſſée en P & N, au lieu de tomber auſſi bas que *p* & *n*. C'eſt ainſi que les baſſes marées ſont produites par les actions contraires, comme les hautes marées par les actions réunies du ſoleil & de la lune. LEÇON V.

Comme les côtes de la mer ſont fort irrégulieres, que la mer a différentes profondeurs, que les rivieres s'y précipitent plus vîte ou plus lentement avec la marée & contre la marée, & que l'eau coule différemment dans les bayes, golphes & détroits, nous ne devons pas nous attendre que les marées ſoient partout auſſi régulieres que nous l'avons ſuppoſé, excepté dans l'Océan, libre de tout empêchement; mais ſi l'on examine bien les circonſtances & les faits, on pourra réſoudre tous les *phénoménes* relatifs aux marées par les principes expliqués ci-deſſus. Le Docteur *Halley*, ce ſavant & infatigable Aſtronome, en a donné un exemple dans le premier volume des *Miſcellanea curioſa*, & dans les *Tranſactions Philoſophiques*, N°. 162. où il a donné plus d'étendue à la Théorie de Newton, & l'a appliquée à différens cas, qui ſans cela ſeroient inexpliquables, en faiſant voir par la ſolution des *phénoménes* les plus difficiles, que la théorie répond à tous les cas connus & fidellement rapportés. Je renvoye ceux qui ſont curieux d'approfondir cette matiere, à la 37e. Propoſition du 3e. Livre des *Principes* de *Newton*, & à la Diſſertation du Docteur

LEÇON V. Halley dont je viens de parler. Ils y verront d'où vient que la mer s'éleve aux hauteurs prodigieuſes de 40, 50, & même de plus de 60 pieds en différens endroits, comme à *Chepſtow* au-deſſus de *Briſtol*, à *Saint-Malo*, à *Avranches* en *Normandie*, à *Cambaye* & à *Pegu* dans les *Indes* Orientales. D'où vient qu'il n'y a point de marées ſenſibles en certains endroits, comme dans la *Méditerranée*, la *Mer Caſpienne*, la *Mer Noire*, & dans les Lacs. D'où vient que les marées ſont ſi extraordinaires à *Tonquin* dans la *Chine*, où il n'y a qu'un flux & un reflux en 24 heures, & où il n'y a point du tout de marée deux fois chaque mois. D'où vient que la lune doit avoir un peu paſſé le méridien pour produire la haute mer en certains endroits, & d'où vient que les hautes marées n'arrivent pas préciſément lorſque la lune eſt nouvelle ou pleine, ni les baſſes marées dans les quartiers, mais ordinairement trois marées après, à cauſe de la réſiſtance que l'eau rencontre, & qui l'empêche de ſuivre la lune auſſi vîte qu'elle l'auroit fait, ſi elle avoit couvert la ſurface d'une terre bien unie. Je n'expliquerai plus qu'un article, avant que de quitter ce ſujet, ſçavoir les *phénoménes* des marées *équinoctiales*, qui ſont plus hautes vers l'*équinoxe* du printems & de l'automne, que dans tout autre tems, & qui ſont moindres que toutes les autres aux *ſolſtices*.

Planche 26. Figure 8.

Planche 26. Figure 8.

60. S o 1 C 2 D l'orbite de la terre, S le ſoleil au milieu; 1 & 2 la terre au tems du *ſolſtice* d'été & d'hyver; 3 & 4 la terre aux *équinoxes*. 1°. Conſiderons ce qui doit arriver dans un lieu particulier, comme à *Lucaio*, ci-devant cité, lorſque ce Pays eſt au ſolſtice d'été, comme en 1. Si la lune eſt dans la ligne A S, c'eſt-à-dire, ſoit qu'elle ſoit *nouvelle* ou *pleine*., ou dans les *ſyzygies*, comme parlent les Aſtronomes, A L ſera le grand axe du ſphéroïde aqueux, & les eaux ſeront le plus élevées en L & A. Maintenant *Lucaio* étant à midi en L, aura haute mer, & cela dans l'endroit où le ſphéroïde eſt le plus élevé; mais à minuit *Lucaio* viendra en L, où à la vérité il aura haute mer, mais non pas à beaucoup-près auſſi haute que s'il avoit été en A, antipodes de L. Le paralléle de *Lucaio*, c'eſt-à-dire ſon plan (auſſi-bien que ceux de tous les autres paralléles ou cercles dans leſquels les différens Pays du monde font leur révolution autour de l'axe de la terre) formant un angle avec le ſphéroïde aqueux, la

rotation de la surface de la terre est oblique au mouvement de l'eau produit par l'action du soleil & de la lune, & par conséquent l'élevation de l'eau est abattue par les rivages qui la portent d'un autre côté. Au solstice d'hyver, lorsque la terre est en 2, *Lucaio* étant en *l* à midi, a bien haute mer à la vérité, mais l'eau n'est pas à beaucoup-près aussi haute qu'en *b*, où sont les *antœciens* de *Lucaio*; mais à minuit *Lucaio* est porté en *a*, où il a une grande marée, l'eau y étant dans l'endroit le plus élevé du sphéroïde. LEÇON V.

COROLLAIRE.

DELA il suit qu'au *solstice* d'été les Pays septentrionaux ont la marée plus haute pendant le jour que pendant la nuit, & au contraire dans le *solstice* d'hyver, la même chose arrive aux Pays méridionaux dans les mois opposés.

Lorsque la terre est en 3 ou 4, où sont les *équinoxes*, l'eau est plus élevée en C & D, le soleil étant dans le plan de l'équateur ÆQ; ensorte que chaque Pays qui a eu la haute marée pendant le jour, comme dans l'hémisphére Æ4QC, l'aura aussi haute la nuit 12 heures & demi après, comme dans l'hémisphére Æ3QD. La force centrifuge de chaque Pays aidant aussi à élever l'eau, & chaque paralléle de latitude ayant son plan paralléle à l'axe du sphéroïde. Mais cela paroîtra encore plus clair par la 9e. *Figure*, dans laquelle P*p* est l'axe de la terre, ÆQ l'*équateur*, Æ*npn*QP le sphéroïde aqueux formé par le soleil S, & la *nouvelle lune* M, L *Lucaio* qui a la haute mer à midi; or il est évident que lorsque *Lucaio* arrive en *l* à minuit, il aura la mer presque aussi haute qu'à midi. On peut dire la même chose de tout autre Pays, comme des *antœciens* de *Lucaio* en N, qui lorsqu'ils arrivent en *n* à minuit, ont presque la mer aussi haute qu'ils l'avoient à midi en N. Il en est de même des Habitans en Æ, qui trouvent la mer dans 12½ heures aussi haute en Q.

Planche 16. Figure 9.

N. B. *Comme le soleil est plus près de la terre en hyver, nous avons les plus hautes marées dans le* solstice *qui fait l'hyver de nos Pays septentrionaux; & de-là il suit aussi que les plus grandes marées ne sont pas précisément au tems des équinoxes, mais un peu avant l'équinoxe du printems, & un peu après celui d'automne.*

LEÇON V.

Sur les Pendules.

61. Le *Pendule* eſt un corps peſant d'une eſpece quelconque, qui étant attaché à un cordon ou à un fil de fer, eſt ſuſpendu à un point fixe ; comme le pendule P (*Planche 26. Figure 10.*) qui eſt ſuſpendu au centre C par le fil CP. Si ce corps eſt tiré de ſon point le plus bas P, & porté à un autre point comme *p*, auſſi-tôt qu'il ſera lâché, non-ſeulement il reviendra au point le plus bas P, d'où il étoit parti, mais il continuera ſon mouvement juſqu'à ce qu'il ſe ſoit élevé en π, à une hauteur égale à celle d'où il étoit tombé, excepté autant qu'il en ſera empêché par la réſiſtance de l'air, & par le frottement en C ; ſans quoi il iroit toujours en avant & en arriere ſans diſcontinuer. Cette chûte & cette élevation du pendule, par exemple de *p* en π, ſe nomme *oſcillation* ou vibration.

Planche 26. Figure 10.

Les uſages des pendules ſont en grand nombre ; mais on s'en ſert le plus communément pour meſurer le tems. Toute la théorie des pendules, c'eſt-à-dire, tout ce qui a rapport à leurs *phénomènes*, ſuit naturellement de ce que nous avons dit ſur la chûte des corps.

62. J'AI déja fait voir que s'il y a un plan incliné, comme AB (*Figure 11.*) dont la hauteur eſt A*b*, & la baſe CB ; un corps qui tombe de A le long du plan incliné, n'ira pas plus loin que D, dans le tems qu'un autre corps étant parti du même point A, tombe en C de toute la hauteur du plan, & que ce point D ſe trouve en abaiſſant une perpendiculaire de C (extrémité de la ligne verticale qui meſure la hauteur du plan) ſur ce plan. (N°. 18.) Si donc il y a pluſieurs autres plans inclinés depuis le point A juſqu'à la ligne horizontale CB, comme AE, AF, AG, &c. les perpendiculaires CH, CJ, CK, marqueront les points de ces plans où un corps tombant de A, arriveroit dans le même tems ; mais puiſque tous les angles dans le demi-cercle ſont droits, on peut décrire ſur la ligne AC avec la diſtance AP (moitié de AC) autour du point P un demi-cercle, qui paſſera par les points angulaires D, H, J, K, &c. Soit achevé le cercle entier. Les parties interceptées des lignes (ou plans) AB, AE, AF, AG, ſçavoir AD, AH, AJ, AK, ſont maintenant des cordes du cercle. Menez dans l'autre demi-cercle les lignes OC, NC, MC, LC,

respectivement paralléles aux cordes ci-dessus (& par conséquent égales & également inclinées.) Or il est évident par ce qui a été dit, qu'un corps tombera par toutes ces dernieres cordes dans le même tems qu'il employera à parcourir toutes les autres. Donc si un cercle est placé verticalement, & qu'on y mene tant de cordes qu'on voudra à la partie la plus basse du diametre, un corps tombera dans le diametre, (ou dans toute sa longueur,) & dans chacune des cordes dans le même tems, celles qui sont plus inclinées étant plus courtes & au contraire. Maintenant puisque les petits arcs de cercle ne différent que fort peu de leurs cordes, les corps qui tombent dans les petits arcs de cercles, au lieu de tomber dans leurs cordes, décriront ces arcs dans des tems qui seront sensiblement les mêmes. * Par exemple; soit un corps C (*Figure* 11.) suspendu par le fil CP en P, centre du cercle; soit ensuite élevé ce corps de C en M, ou à un point quelconque entre C & M, (ou de la même maniere de l'autre côté de C,) aussi-tôt qu'on le laissera aller, il tombera en C dans un arc de cercle, au lieu de la corde, & sensiblement dans le même tems; soit qu'il tombe de L, K, ou J, parce que la corde LC ou JC ne différe de son arc LC ou JC un peu plus que la corde CK du sinus CK. Mais si le pendule tomboit dans l'arc NMC ou MLC, il resteroit un peu plus long-tems à parvenir au point L, point le plus bas C, que s'il n'étoit tombé que de K, parce que l'arc NMC ou MLC surpasse en longueur la corde NC ou MC beaucoup plus que l'arc CK ne surpasse la corde CK. Mais si le pendule tombant de M étoit seulement arrêté par l'air dans son mouvement, il s'élevoit à fort peu-près jusqu'en H, qui est aussi haut que M, & alors à peine y auroit-

* Je ne prétends pas qu'un corps doive tomber le long des arcs de cercle dans le même tems qu'il tomberoit le long des cordes; mais que dans les arcs qui ne sont pas fort inégaux, il tomberoit sensiblement dans le même tems. Car un corps tombera plus vite dans un arc que dans sa corde, parce qu'il en part avec une plus grande inclinaison; le tems de la chûte dans l'arc étant au tems de la chûte dans la corde à fort peu près dans la proportion de 785 à 1000. La chûte le long de la corde se faisant dans le même tems que le long du diametre, il s'ensuit que toute la vibration ou la chûte & l'élevation dans deux cordes, en doublant le tems, se fera dans le même tems qu'un corps employeroit à parcourir 4 diamétres, ou 8 fois la longueur du pendule: mais les Mathématiciens ont démontré que le tems employé par un pendule à faire ses vibrations dans un arc de cercle, est au tems que le corps employeroit à parcourir ces 4 diamétres, comme la circonférence du cercle est à ces 4 diamétres; ou que le tems de la chûte dans un arc : est au tems de la chûte dans une corde :: comme le quart du cercle : est à son diamétre: c'est-à-dire, à fort peu près comme 785 : à 1000.

Leçon V.

il quelque différence entre le tems de l'élevation & de la chûte du pendule.

COROLLAIRE I.

De la il suit que si l'on fait décrire à un pendule de grands arcs de cercles, & qu'étant abandonné à lui-même il diminue continuellement ses vibrations par la résistance de l'air, les tems des vibrations seront un peu plus longs au commencement qu'à la fin; mais si le corps ne décrit au commencement que de petits arcs de cercle, toutes ses vibrations pourront être regardées, sans aucune erreur sensible, comme *isochrones* (c'est-à-dire, achevées dans le même tems) jusqu'à ce qu'il soit en repos.

COROLLAIRE II.

De la il suit aussi que de quelque métal ou espece de corps que le pendule soit composé, pourvû que le fil soit de la même longueur, toutes les vibrations, si elles sont petites, seront achevées dans le même tems (puisque tous les corps tendent à tomber avec la même vîtesse, *Leçon* 1. *N°.* 8.) En comptant les vibrations on peut mesurer le tems fort exactement. Car quoique les corps qui sont spécifiquement plus legers que les autres, arrivent plûtôt au repos par la résistance de l'air, & qu'ainsi ils fassent moins de vibrations, cependant chacune de ces vibrations sera achevée dans le même tems.

N. B. *Ceci avec ce qu'on a dit auparavant, deviendra plus évident par les Expériences.*

Expérience XVII.

Planche 26. Figure 12.

63. ECD est une planche triangulaire de bois placée verticalement, avec un arc de cercle tracé autour du centre *b* de *o* en 9, & un autre tracé autour du centre *a* de *o* en 9 de l'autre côté, les divisions de chaque côté étant égales. On suspend de *a* & *b* deux balles ou pendules, de maniere qu'elles ne fassent que se toucher l'une & l'autre, lorsqu'elles sont au point le plus bas; ce qui arrivera si les points *a*, *b* sont précisément éloignés l'un de l'autre de la distance des centres des balles. Si la balle A est élevée à 7, 8 ou 9, & la balle B à 1, 2, ou 3, & si on les lâche toutes deux en même-tems, elles se rencontreront exactement en *o*, quoiqu'elles ayent décrit des arcs inégaux, & elles le feront toujours, quoique les arcs soient aussi différens qu'ils peuvent

l'être par cet inſtrument, du moins autant que la vûe pourra le déterminer, lorſque le plus grand arc ne ſera pas au-deſſus de 20 dégrés, comme il ne ſçauroit l'être dans cet inſtrument.

EXPÉRIENCE XVIII.

PRENEZ 3 balles P, *P* & π, l'une de plomb, l'autre d'ivoire, & la troiſiéme de liége; & les ayant attachées chacune à des fils d'égales longueurs, ſuſpendez-les au fil de fer horizontal W, au haut du guéridon S *s*; enſuite les élevant toutes à hauteurs égales, & les laiſſant tomber en même-tems, elles feront leurs vibrations dans le même tems; car quoique le liége ſoit plû-tôt en repos que l'yvoire, & l'yvoire que le plomb, & quoique pendant que le plomb fait toujours ſes vibrations dans l'arc P p, l'yvoire ne faſſe les ſiennes que dans un arc plus petit P *p*, & le liége dans un arc encore plus petit π ϖ, on verra que ces balles arrivent toujours à la partie la plus baſſe de la vibration dans le même tems.

Planche 26. Figure 13.

EXPÉRIENCE XIX.

FAITES mouvoir le pendule P autour de la cheville C, comme centre, l'ayant d'abord élevé de F en P, & il décrira l'arc P F *e*, s'élevant en *e* ſenſiblement auſſi haut que P dans la ligne horizontale P *e*. Enſuite au point A, milieu de cette ligne horizontale, plantez la cheville A, & le fil du pendule ſera retenu & arrêté par cette cheville; mais le reſte du fil en-deſſous de A en F ſera en liberté, de ſorte qu'il laiſſera monter le pendule en B, qui eſt un point de la ligne horizontale précédente, & cela dans un arc de cercle dont le rayon eſt A F. Si la cheville étoit placée en *a*, le pendule s'éleveroit dans la courbe F D; & ſi l'on plantoit deux chevilles en *b* & *c*, le pendule s'éleveroit dans la courbe F E, compoſée de trois arcs différens, dont le premier a ſon centre en C, le ſecond en *b*, & le troiſiéme en *c*. Cela fait voir (comme on l'a déja expliqué) que *quelle que ſoit la courbe ou les courbes qu'un pendule décrit en montant après ſa chûte, il arrivera à la même hauteur d'où il eſt tombé, excepté ce que l'on en doit retrancher à cauſe de la réſiſtance de l'air*; la vîteſſe du pendule au point le plus bas F étant la même que celle qu'il auroit acquiſe en tombant directement du point A, & cette vîteſſe eſt capable de porter le corps

Planche 27. Figure 1.

LEÇON V. (dans une direction contre laquelle la pesanteur ne sçauroit agir) au double de l'espace AF, par un mouvement uniforme, dans le même tems qu'elle parcourt l'espace AF par un mouvement acceleré, comme on l'a déja prouvé (N°. 15.) mais la chose deviendra visible par l'Expérience suivante.

EXPÉRIENCE XX.

Planche 27. Figure 2.

66. LE pendule P est suspendu à un fil d'environ 40 pieds de longueur depuis le centre C; & lorsqu'il est en liberté, il descend en p, & fait ses vibrations dans l'arc pq. Du point le plus bas p sur l'arc pq, mesurez deux pieds ou l'arc $p\pi$, qui sera une ligne sensiblement horizontale, le sinus verse de cet arc n'étant que d'environ la moitié d'un pouce. A la distance du demi-diametre du pendule au-delà de π, fixez un obstacle vertical ou un plan de bois $O\pi$; & un autre pareil de l'autre côté de p, à la distance d'environ un pied & demi, mais dans une situation horizontale; ensorte que sa surface soit à niveau du bas du pendule, sçavoir, dans la ligne $p\pi$. Plantez la cheville N perpendiculairement au fil (c'est-à-dire, dans une position horizontale) à la hauteur d'un pied au-dessus de p. Il faut aussi faire une marque ou un gros point en n sur la muraille ou plan qui est derriere le fil du pendule, un peu au-dessus de p. Ensuite ayant élevé le pendule en P dans la ligne Hh, c'est-à-dire, précisément à la hauteur d'un pied; il faut le laisser aller de nouveau, & observer l'instant précis ou une marque dans le fil de P, arrive au point n, afin qu'on puisse précisément dans cet instant laisser tomber le corps H de la ligne horizontale Hh à l'obstacle M, & l'on trouvera que la balle H frappe M au même instant que P frappe l'obstacle $O\pi$ en π, P décrivant horizontalement l'espace $p\pi$, qui est de deux pieds, pendant que H tombe de la hauteur HM, qui n'est que d'un pied. On peut faire cela si exactement, que le son des deux coups n'en forme qu'un seul.

67. ON a observé qu'un pendule, dont la longueur est de 39 pouces & deux dixiémes (mesure d'Angleterre *) depuis le centre de la balle jusqu'au point de suspension, forme une vibration dans une seconde de tems; c'est-à-dire, 3600 dans une heure. On a fait cette expérience avec un pendule qui pesoit 50 l. qui étoit d'une figure lenticulaire, pour mieux couper l'air, &

* Note 9.

en

en ſe ſervant d'un fil d'acier très-ſubtil au lieu d'un fil ordinaire, & avec cet inſtrument les vibrations ont continué pendant tout un jour. Delà vient que les pendules ſervent à meſurer le tems également & exactement, ayant égard à la longueur du pendule, de quelque eſpece ou de quelque grandeur que ſoit le poids. LEÇON V.

68. PLUS les pendules ſont courts, plus les tems de leurs vibrations ſont courts, quoique les tems des vibrations ne ſoient pas comme les longueurs des pendules, mais comme les racines quarrées de leurs longueurs; par exemple, un pendule de 13 pieds & de près d'un pouce de longueur (c'eſt-à-dire de 156, 8 pouces) qui eſt quatre fois auſſi long que celui qui bat les ſecondes, fera ſes vibrations dans deux ſecondes; & ſi l'on veut avoir un pendule qui aille deux fois auſſi vîte que le pendule à ſecondes, c'eſt-à-dire, qui batte deux fois dans une ſeconde, il faut le faire 4 fois plus court, ou de 9 pouces 8 dixiémes. La raiſon en eſt évidente par la démonſtration ſuivante.

DE'MONSTRATION.

AEBG & DFB ſont deux cercles dont les diamétres AB & ADB ſont l'un à l'autre comme 4 à 1. On a démontré (L. 5. N°. 15.) que ſi un corps décrit en tombant un certain eſpace, comme AB dans un tems déterminé, il ne décrira que le quart de cet eſpace comme DB, dans la moitié de ce tems. Mais on a auſſi prouvé (N°. 62.) que les corps tombent le long de la corde ou d'un cercle dans le même tems qu'ils tombent le long du diamétre. Donc un corps en E tombera le long de la corde FB dans le double du tems qu'un corps en F tombera le long de la corde FB. Mais comme la corde EB différe de l'arc EB (ou eſt plus courte que cet arc) en même proportion que la corde FB différe de ſon arc FB (en ſuppoſant les deux arcs du même nombre de dégrés) la différence ſera proportionnelle dans la chûte des deux pendules CE & *c*F; par conſéquent E reſtera deux fois auſſi long-tems à venir au point le plus bas B, que F à venir auſſi en B: mais toute la vibration qui porte en haut E en G, & F en *g*, dans les deux pendules eſt double du tems de leurs chûtes reſpectives. Donc un pendule, pour faire ſes vibrations deux fois auſſi vîte qu'un autre, doit être 4 fois plus court. C. Q. F. D. Figure 3.

LEÇON V.

EXPÉRIENCE XXI.

Planche 27 figure 4.

SUR le fil de fer horizontal W du guéridon représenté dans la 13e. *Figure* de la *Planche 26.* dont le haut eſt ici exprimé *Figure* 4. on ſuſpend un pendule CP, dont la longueur eſt 39, 2 pouces, & ſur le même fil de fer un peu plus en avant, un autre pendule *cp* du quart de cette longueur. Faites tomber ces deux pendules en même-tems de la hauteur quelconque où vous les aurez élevés, comme P & *p*, & vous verrez que *p* arrivera en *f* (ayant achevé toute ſa vibration, lorſque P ne ſera encore arrivé qu'en B) lorſque P arrive en F, alors *p* eſt en arriere de *f* en *p*; lorſque P eſt revenu en B, *p* eſt arrivé en *f*; & à la fin lorſque P eſt revenu en P, *p* eſt auſſi arrivé en *p*, d'où il étoit parti au commencement: de ſorte que les deux pendules commenceront à tomber enſemble dans chacun des autres coups, le plus court faiſant ſa vibration dans une demi-ſeconde, pendant que le ſecond la fait dans une ſeconde entiere.

EXPÉRIENCE XXII.

Planche 25. figure [illegible]

PRENEZ une barre de fer, quarrée ou ronde, peu importe, pourvû qu'elle ſoit de la même épaiſſeur dans toutes ſes parties, & dont la longueur ſoit de 58, 8 pouces, en meſurant depuis un petit trou deſtiné à recevoir le fil de fer du guéridon à ſon extrémité; & ayant fait entrer le fil dans ſon trou en A, & ſuſpendu un pendule à ſecondes en C, on les laiſſera tomber de P & B, dans le même tems, & leurs vibrations ſeront iſochrones, c'eſt-à-dire, achevées dans le même tems. Cela fait voir que toute perche droite, unie, quarrée ou ronde, de quelque métal que ce ſoit, fera ſes vibrations dans le même tems qu'un pendule qui a les $\frac{2}{3}$ de la longueur de la perche; comme ſi toute la matiere de la barre avoit été ramaſſée dans le point *p*, qui ſe nomme pour cela le centre d'*oſcillation*.

N. B. *Si une perſonne tenant une barre, comme A B, par ſon bout A, frappe un coup avec cette barre, elle donnera le plus grand coup poſſible, lorſque le point p frappera contre l'obſtacle; c'eſt pour cela que ce point qui eſt ici le* centre d'oſcillation, *peut auſſi ſe nommer le* centre de percuſſion. *

* Dans quelques eſpeces de corps le centre d'*oſcillation* n'eſt pas le même que le centre de *percuſſion*; mais la diſcuſſion de cette matiere étant étrangere à mon ſujet, je n'en dirai pas davantage.

69. On applique avec beaucoup de ſuccès le pendule aux horloges, pour meſurer le tems, comme on peut le voir dans la plûpart des horloges. Mais pour faire voir de quelle maniere il regle le mouvement, un exemple ſuffira. C'eſt la deſcription d'une petite horloge ou *chronométre*, que M. *Georges Graham* a inventé, & qu'il a fait pour moi il y a quelques années. Ce chronométre eſt ſi exact, qu'il meſure avec beaucoup de préciſion une petite partie du tems, même juſqu'à la ſeiziéme partie d'une ſeconde. Leçon V.

A l'extrémité d'un aiſſieu horizontal, eſt attaché une rouë de chan de 120 dents, & il y a à l'autre extrémité un petit tambour qui porte en-dehors la corde d'un petit poids pour faire tourner la rouë. Les dents de cette rouë font mouvoir un pignon horizontal de 15 fuſeaux (ou dents) fixé au bas d'un aiſſieu vertical, au haut duquel eſt la rouë de rencontre, qui a 15 dents coupées de travers : c'eſt-à-dire, qu'un côté de chaque dent eſt perpendiculaire au plan de la rouë, & que l'autre côté eſt coupé obliquement par une courbe. Préciſément au-deſſus de cette derniere rouë, il y a un petit aiſſieu ou verge d'acier placé horizontalement, qui a deux petites palétes à angles droits l'une à l'autre, tellement placées qu'elles ſont frappées alternativement par la partie perpendiculaire de chaque dent de la rouë de rencontre aux côtés oppoſés de cette rouë, de maniere qu'aucune des dents de cette rouë ne peut paſſer ſans donner un coup contre chaque paléte pour donner un quart de tour à cet aiſſieu. A l'autre extrémité du même aiſſieu, on a fixé un fil de fer, qui eſt chargé en bas d'un poids de cuivre, dont le centre de gravité eſt éloigné de l'aiſſieu horizontal de 2, 45 pouces, c'eſt-à-dire, de preſque 2 pouces & demi, ou de la 16e. partie de la longueur du pendule qui bat les ſecondes. Par conſéquent à meſure que le poids fait tourner la rouë principale, les dents de la rouë de rencontre frappent les palétes fixées à l'aiſſieu horizontal, autour duquel ſe meut le petit pendule ; & comme ce pendule, à cauſe de ſa longueur, fait 4 vibrations dans une ſeconde (n°. 67, 68.) & qu'il doit y avoir deux coups contre les palétes pour chaque dent qui paſſe de la rouë de rencontre, il doit y avoir auſſi deux vibrations du pendule, ou une demi-ſeconde de tems, pour chaque dent de la grande rouë qui eſt pouſſée par le pignon (dont le nombre des dents eſt égal à celui de la rouë de rencontre) ; & comme la grande rouë a 120 dents, il ſe fera 240 vibrations du pendule pendant qu'elle fait un tour ; de ſorte qu'une aiguille ou *index* fixé à la

LEÇON V.

grande rouë, fera ſon tour dans une minute, en marquant 60 grandes diviſions pour les ſecondes ſur le cadran, leſquelles diviſions ſont encore ſous-diviſées en 4, pour marquer les quarts de ſecondes. Mais outre cela, il y a un quart de cercle d'un rayon égal à la longueur du pendule, qui eſt diviſé en quatre parties par 5 petites chevilles de cuivre, & qui eſt fixé à un aiſſieu horizontal; ce quart de cercle ſert non-ſeulement de détente, pour faire aller la machine dans la 16e. partie d'une ſeconde, mais auſſi pour l'arrêter dans le même tems, les chevilles arrêtant le pendule dans la 4e. partie de ſa vibration; car en fixant les chevilles, on a eu égard au tems de chaque quart de vibration, les deux eſpaces entre les chevilles les plus proches de la partie la plus baſſe du quart de cercle que le pendule décrit dans $\frac{1}{4}$ d'une ſeconde, étant d'autant plus grands que le pendule ſe meut plus vîte dans cette partie de ſa vibration.

Ce chronométre eſt d'un grand uſage pour meſurer les petites parties du tems dans les obſervations aſtronomiques, le tems de la chûte des corps, la vîteſſe des eaux courantes, & dans pluſieurs autres occaſions où il eſt queſtion de meſurer avec préciſion un petit eſpace de tems, comme de 3 ou 4 ſecondes juſqu'à une ou deux minutes; mais il n'eſt pas propre à meſurer aſſez exactement les longs eſpaces de tems; parce que, quoiqu'il ſemble décrire exactement un quart de cercle dans chaque vibration, il ne le fait pourtant pas réellement, & la différence des longueurs des vibrations dans des arcs auſſi grands, produit une différence dans le tems, & quelques petites que ſoient ces différences, leur nombre trop multiplié produit une erreur ſenſible. Dans cette machine il y a quelquefois une erreur de $\frac{1}{4}$ de ſeconde dans 14 ſecondes. C'eſt le défaut commun à toutes les horloges qui ont de petits pendules, & qui font leurs vibrations dans de grands arcs de cercle.

70. MAIS il y a une courbe qui n'eſt ni un cercle ni une ellipſe, dans laquelle toutes les vibrations du même pendule, ſoit qu'il ſoit long ou court, ſe font dans le même tems; & lorſqu'une horloge eſt réglée par un pendule qui ſe meut dans cette courbe, elle peut ſervir à meſurer exactement un long eſpace de tems. Cette courbe eſt la *cycloïde*, dont voici la deſcription.

71. SI un cercle dans une poſition verticale roule le long d'une

LEÇON V.

ligne horizontale A B (*Planche* 27. *Figure* 6.) comme fait la roue d'une voiture dans un chemin) juſqu'à ce qu'elle ait fait une révolution, le point du cercle, tel que A, qui touche le plan, s'élevera au-deſſus de la ligne horizontale, & ſera en *a* lorſque le cercle aura fait la moitié de ſa révolution, ayant décrit la courbe A *a*, d'où il deſcend (à meſure que le cercle s'avance) par la même eſpece de courbe, juſqu'à ce qu'il touche la ligne A B en B; le point C qui étoit le plus élevé au commencement du mouvement, étant deſcendu en *c* lorſque A eſt arrivé en *a*, & enſuite revenu en *K*, lorſque le cercle eſt dans la même poſition où il étoit avant ſa révolution. Toute la courbe A *a* B ainſi décrite, ſe nomme *cycloïde*, le cercle A C *cercle generateur*, & la ligne A B, *baſe de la cycloïde*.*

Planche 27. Figure 6.

* Note 101.

Il eſt évident par la formation de la *cycloïde*, que ſa baſe eſt égale à la circonférence du cercle generateur. Les Mathématiciens * ont démontré pluſieurs autres proprietés de cette courbe. Il ſeroit trop ennuyeux de les repeter ici; nous les ſuppoſerons donc accordées, & nous en ferons mention à meſure que nous aurons occaſion de nous en ſervir dans nos concluſions ſur les pendules.

72. RENVERSONS maintenant la *cycloïde*, enſorte que la baſe A B ſoit en haut, & la cycloïde en-deſſous. (*Planche* 27. *Figure* 7.) On a démontré que ſi d'un point quelconque de la *cycloïde*, comme E ou *p*, on mene une ligne parallele à la baſe, & ſi du point où cette ligne coupe le cercle generateur lorſqu'il a fait ſa demi-révolution (c'eſt-à-dire, lorſqu'il eſt en G), on mene une corde telle que *e* D ou *q* D, l'arc intercepté de la *cycloïde*, comme E D ou *p* D ſera double de la corde *e* D ou *q* D, & qu'ainſi la moitié de la *cycloïde*, comme A D, ſera double du diametre G D du cercle generateur. Or, comme on a fait voir qu'un corps tombe dans le même tems le long du diametre G D, & le long des cordes *q* D, *e* D, il doit tomber dans les arcs A D, *p* D, & E D en tems égaux, parce que chacun de ces arcs eſt double des lignes précédentes G D, *q* D & Q D; mais ſur-tout parce que les tangentes ſont partout paralléles aux cordes correſpondantes. Enſorte que lorſqu'un pendule fait ſes vibrations dans une *cycloïde*, toutes ſes vibrations, quelqu'inégales qu'elles ſoient, ſont iſochrones.

Planche 27. Figure 7.

* Le Docteur Wallis, Craig, Ditton, Bernoulli, &c.

LEÇON V. Maintenant pour faire rouler un pendule dans une *cycloïde*, on a imaginé des jumelles cycloïdales de chaque côté du centre de ſuſpenſion, de maniere que le fil s'y appliquant, racourciſſe la diſtance du pendule au point de ſuſpenſion, enſorte qu'elles lui faſſent décrire un arc cycloïdal au lieu d'un arc circulaire. Ces jumelles cycloïdales ſe font en cette maniere: tranſportez la demi-cycloïde A D en C B, enſorte que le point D ſoit ſur B, & l'autre demi-cycloïde B D ſur C A, enſorte que D ſoit ſur A. Si maintenant vous coupez deux jumelles de bois ou de métal exactement aſſez convexes pour couvrir ces demi-cycloïdes, & ſi vous ſuſpendez un pendule comme P de la longueur C D, double du diametre G D, au point de ſuſpenſion, préciſément entre ces deux jumelles dans l'endroit C où elles ſe touchent, ce pendule ne fera plus ſes vibrations dans l'arc H D J (dont le centre eſt C, & dont le rayon eſt la longueur du pendule) mais dans la *cycloïde* A *p* D F B, par le racourciſſement du fil à meſure qu'il s'applique aux jumelles cycloïdales, comme à C S *p*.

Il y a un autre moyen pour faire enſorte qu'un pendule faſſe ſes vibrations dans un arc qui approche ſi fort d'être cycloïde, qu'il n'y ait point d'erreur dans la meſure du tems, & c'eſt d'avoir un pendule fort long, & de faire enſorte qu'il ne décrive que de très-petits arcs. Par exemple, ſoit C D un pendule à ſecondes, c'eſt-à-dire, de 39, 2 pouces de long, & qu'il ne faſſe ſes vibrations que de P en *s* d'environ 4 ou 5 degrés, il eſt clair que le cercle & la cycloïde ſe confondent en D avec quelques degrés de part & d'autre. Ainſi le pendule qui fait ſes vibrations dans l'arc circulaire H D J, n'en décrivant que la partie P *s*, doit être regardé comme s'il les faiſoit dans un arc cycloïdal; & ſi quelquefois il n'alloit que de D en *d*, il décriroit ce petit arc dans le même tems que le plus grand arc D *s*.

N. B. *Il vaut mieux ſe ſervir d'un long pendule que des jumelles cycloïdales, parce que ſi le fil, où le pendule eſt ſuſpendu, frappe fortement ces jumelles, leur réaction, qui eſt en quelque façon élaſtique, ajoutera quelque force à celle de la peſanteur, qui ſeule doit agir dans le pendule, pour que ſes vibrations ſoient iſochrones dans une* cycloïde, *de ſorte que lorſqu'une telle ſecouſſe ſurvient, la vibration doit être trop prompte. Mais le long pendule, à moins d'une fort grande ſecouſſe (telle que celle qui le porteroit juſqu'en p) ne fera pas aſſez ſenſiblement ſes vibrations hors de la* cycloïde, *pour produire quelque erreur dans*

la mesure du tems. De sorte qu'on s'en sert maintenant avec beaucoup de succès pour mesurer le tems à terre ; les secousses à la mer étant trop grandes pour conserver dans un Vaisseau le mouvement uniforme d'un grand pendule.

73. AVANT que de quitter ce sujet, il est à propos de faire mention d'une proprieté remarquable de la *cycloïde* ; c'est que cette courbe *est la ligne de la plus vîte descente* ; c'est-à-dire, que si un corps doit se mouvoir de A en D, il n'est pas possible de tracer aucune sorte de lignes depuis le plus haut jusqu'au plus bas de ces deux points, le long de laquelle un corps puisse descendre aussi vîte que dans la demi-cycloïde A D ; ni l'arc de cercle, ni même la ligne droite A D, quoiqu'elle soit beaucoup plus courte ; car le corps partant d'abord de A, descend dans une direction si roide (c'est-à-dire que la pesanteur agit tellement sur lui) qu'il acquiert une grande vîtesse, ensorte qu'il va plus vîte dans la partie inférieure de la courbe qui est moins roide ; & un arc de cercle qui seroit plus roide au bas, l'est moins en haut. Si l'on mene une ligne inclinée comme A F, depuis A au-delà du point le plus bas de la *cycloïde*, & qu'un corps descende le long de cette ligne, pendant qu'un autre roule du même point le long de la *cycloïde*, la plus grande vîtesse du corps dans la cycloïde paroîtra encore plus évidemment. Cette proprieté & celle d'avoir la descente d'un corps de chaque partie de la *cycloïde* (renversée) jusqu'au point le plus bas, exactement dans le même tems, sera éclaircie par les Expériences suivantes.

EXPÉRIENCE XXIII.

74. LA machine B H M D, représentée par la figure, est d'un bois d'environ 10 pouces de haut, deux pieds de long, & deux pouces de large. De J en F, on y creuse un canal aussi large en bas qu'en haut, de la figure d'une demi-cycloïde renversée, le point le plus bas étant en F, d'où le canal est continué horizontalement pendant la longueur d'un pied, les bornes du canal étant H H & J J ; il doit être fort uni & divisé en deux autres canaux par une séparation verticale de cuivre L L, depuis le haut entre H & J, jusqu'à l'extrémité la plus éloignée en G. Sur cette séparation on marque des divisions qui de F en G sont égales, & de F en J inégales, de maniere qu'elles marquent des hauteurs

Planche 27. Figure 8.

LEÇON V.

égales. Le commencement H du canal eſt élevé de 9 pouces au-deſſus du niveau de F ; O O ſont deux traverſes de bois que l'on fixe où l'on veut dans les canaux par le moyen d'une vis à l'extrêmité de chacune. Tout l'inſtrument peut ſe placer verticalement & horizontalement par le moyen de trois vis telles que C, C & du fil à plomb N M.

Deux bales de cuivre, d'un demi pouce de diamétre chacune, ſont deſtinées à ſe mouvoir dans les deux canaux.

Fixez les deux traverſes exactement en F, & les bales de cuivre, quoiqu'elles partent de différens points de leur canal cycloïdal reſpectif, les frapperont dans le même tems ; ce qui deviendra auſſi fort ſenſible à celui qui tiendra un doigt dans chaque canal en F pendant qu'un autre fera partir les bales de deux hauteurs inégales.

Changeons maintenant les traverſes & que l'une ſoit fixée 4 pouces en-delà de F vers G, & l'autre 6 pouces en-delà de F, & faiſons tomber les deux bales tout à la fois, l'une de la hauteur de 4 pouces, & l'autre de la hauteur de 9 pouces, celle qui tombe de 4 pouces de hauteur, ira 4 pouces au-delà de F, & celle qui tombe de 9 pouces de hauteur, ira 6 pouces au-delà de F, frappant chacune l'obſtacle exactement dans le même-tems. *Quatre* & *neuf* ſont les eſpaces parcourus par la chute, dont les racines 2 & 3 expriment les vîteſſes reſpectives des bales, qui ſe manifeſtent en ce que l'une parcourt 4 pouces dans la partie horizontale de ſon canal, & l'autre 6 pouces dans celle du ſien.

EXPÉRIENCE XXIV.

Planche 27. Figure 9.

A E C *b* eſt une autre machine qui a un canal cycloïdal dans lequel toute la cycloïde eſt creuſée de B en *b*, ſa partie la plus baſſe étant en C. Il y a un canal rectiligne A *a* mobile autour du point A comme centre, pour être appliqué derriere la *cycloïde* lorſque la machine eſt droite, en ſorte que ce canal ſoit dans le plan d'une corde menée du point A à une partie quelconque de la *cycloïde*. Plaçons d'abord cette auge ou canal dans la ligne A C, & laiſſons tomber une des balles du point B dans le canal cycloïdal, pendant que l'autre commence à tomber en même-tems du même niveau dans le canal rectiligne, & l'on verra que la balle qui tombe dans la cycloïde ſera bien au-delà de C, lorſque la balle qui tombe dans le canal rectiligne arrive au point C ; ce qui ſera encore plus ſenſible ſi l'on arrête une des traverſes dont on

a parlé ci-deſſus (dans l'explication de la derniere figure) vis-à-vis de C dans le canal rectiligne, & l'autre entre C & *b* dans le canal cycloïdal. Si le canal rectiligne eſt arrêté en de-là du point C comme en A *a*, la balle de la *cycloïde* arrivera de B en *b*, & en retombera encore en C, lorſque l'autre ſera venue de A en G dans une ligne droite. LEÇON V.

75. LORSQU'UN pendule d'une longueur propre à battre les ſecondes eſt appliqué à une horloge; il eſt ſujet à une autre erreur par la nature des materiaux. Car tous les métaux ſont ſujets à être dilatés par la chaleur & reſſerrés par le froid; de ſorte que ſi la verge du pendule (c'eſt-à-dire, le fil de fer par lequel il eſt ſuſpendu au lieu du fil ordinaire) eſt ajoutée en hyver à ſa vraye longueur, elle deviendra trop longue en été par ſa chaleur, & par conſéquent elle fera trop lentement les vibrations; & au contraire ſi elle a été ajuſtée en été, elle fera marcher l'horloge trop vîte. La différence de longueur dans la verge d'un long pendule monte quelquefois à environ la 40e partie d'un pouce, ce qui après pluſieurs vibrations peut produire une alteration conſidérable du tems. Mais on a l'invention d'une vis pour élever ou abaiſſer le poids d'un pendule; en ſorte qu'on peut toujours le maintenir dans la veritable longueur, en le reglant avec un thermométre.

N. B. *Je donnerai dans les notes* * *la maniere de meſurer la moindre alteration dans les dimenſions des métaux, en ſorte qu'elle ſoit ſenſible.* * Note II.

76. OUTRE tout cela, les pendules peuvent alterer le tems de leurs vibrations à cauſe de la figure de la terre, qui eſt un ſpéroïde applati comme une orange, la terre (comme nous l'avons déja dit) étant environ 31 milles plus élevée à l'équateur qu'au pole. Car lorſqu'on va au Sud, on trouve que les horloges à longs pendules (outre le retranchement qu'on y doit faire eu égard à la chaleur) vont trop lentement, comme le Docteur *Halley* & pluſieurs autres Aſtronomes l'ont obſervé, étant obligés d'accourcir les pendules de leurs horloges pour leur faire marquer le vrai tems. M. *Richer*, pour examiner ce *phénomene* à fond, fit des obſervations ſur les vibrations d'un pendule ſimple (c'eſt-à-dire, d'un pendule qui n'étoit pas appliqué à une horloge) pendant dix mois de ſuite, & il trouva qu'un pendule à ſecondes ſous

LEÇON V.

l'équateur devoit être plus court d'environ un dixiéme d'un pouce que dans notre latitude nord ; ſans quoi l'horloge qui en eſt reglé iroit trop lentement de deux ou trois minutes par jour.

Par le moyen de ces obſervations ſur les pendules, Newton a fait voir quelle eſt la vraye figure de la terre ; quoique ſon ſentiment ſoit contraire à l'opinion de quelques Membres de l'Académie Royale des Sciences à Paris, qui prétendent que la terre eſt un ſphéroïde allongé (comme un œuf) plus élevé aux poles qu'à l'équateur d'environ $\frac{1}{96}$ de tout le diamétre. Je ferai voir dans les notes combien ils ſe trompent. *

* Note 12.

77. LORSQUE l'on conſidére la vîteſſe que la rotation diurne de la terre doit donner aux corps qui ſont ſur ſa ſurface, ſur-tout ſous l'équateur ou auprès de l'équateur (ou les corps roulent à raiſon de 1040 milles par heure) on peut aiſément conclure qu'il faut neceſſairement qu'elle ſoit plus élevée ſous l'équateur ; parce qu'à moins qu'il n'y ait une deſcente vers les poles, la force centrifuge attireroit toutes les eaux vers les régions équinoctiales, qui ſeroient par conſéquent ſubmergées, pendant que non-ſeulement les régions polaires, mais même les zones temperées reſteroient à ſec. Et ſi la terre étoit toujours dans un état de fluidité, ou que ſa ſubſtance fût, molle & qu'elle cedât aiſément, l'Auteur de la nature en lui donnant la rotation diurne qu'elle a, auroit changé ſa figure ſphérique en celle d'un ſphéroïde, elle ſe ſeroit enflée ſous l'équateur, de maniere qu'elle auroit pris la figure qu'elle a maintenant. Une révolution plus rapide autour de ſon axe, auroit rendu la différence encore plus grande entre les diamétres polaires & équinoxiaux. Et c'eſt ce qu'on a remarqué dans *Jupiter*, qui par quelques obſervations délicates de feu M. *Pound*, cet ingenieux Aſtronome, paroît avoir le diamétre de ſon équateur, $\frac{1}{10}$ plus long que ſon diamétre polaire, conformément à ſa révolution diurne plus prompte, laquelle s'acheve dans environ 10 heures.

EXPÉRIENCE XXV.

SUR un aiſſieu de fer que l'on pourra faire tourner rapidement (par le moyen de la roue d'un établi dont la corde paſſe autour d'une poulie fixée à cet aiſſieu) j'ai placé deux anneaux de fer dont les plans ſe coupent à angles droits, pour repréſenter les deux colures, qui étant d'une trempe à reſſort, étoient arrêtés

d'abord de maniere qu'ils étoient $\frac{1}{96}$ plus longs dans le diamétre qui ſe confond avec l'axe, que celui de l'équateur; cette proportion étant la même que M. *Caſſini* ſuppoſe entre l'axe de la terre & le diamétre de ſon équateur. Les deux plaques circulaires où ces cercles ſont rivés, ont des trous quarrés, par où l'aiſſieu paſſe, de maniere que les deux poles du ſphéroïde oblong, que les anneaux décrivent dans leur révolution, peuvent s'approcher l'un de l'autre, de maniere qu'ils peuvent lui donner la forme d'une vraye ſphére, lorſqu'en roulant le diamétre de l'équateur de la machine, s'éleve & ſurmonte le reſſort des anneaux. Un plus grand degré de vîteſſe change la ſphére en ſphéroïde applati de la Figure de celui de *Newton* : une vîteſſe encore plus grande produit la diſproportion des diamétres, ſemblable à celle de *Jupiter ;* & le diamétre de l'équateur augmente toujours avec la force centrifuge. LEÇON V.

Un autre anneau avec un loquet, repreſentant l'équateur, fait voir (dans l'Expérience) l'augmentation de la circonférence de l'équateur, & une aiguille ou *index* appliquée au chaſſis, fait voir l'augmentation du diamétre.

Auſſi-tôt que la révolution de la machine ceſſe, les colures, les méridiens ou les anneaux reviennent à leur figure elliptique, dont le diamétre vertical le plus long eſt l'axe de la révolution.

Ceux qui veulent en ſçavoir davantage ſur les pendules, peuvent conſulter les Oeuvres poſthumes d'*Hugens*, & l'*Introductio ad veram Phyſicam* du Docteur *Kail* à la fin de cet ouvrage, où il y a pluſieurs propoſitions ſur le pendule circulaire dont je ne puis pas parler ici, cette Leçon étant déja trop longue; mais je ne puis pas la finir, ſans m'acquitter de la promeſſe que j'ai faite de rendre compte de l'*arc* ou du *reſſort*, en tant que c'eſt un inſtrument méchanique.

78. CET inſtrument eſt tellement connu, & tout le monde en comprend ſi bien la pratique; il eſt d'ailleurs ſi naturel & ſi aiſé, que dans tous les ſiécles du monde & dans tous les pays de la terre habitable, même parmi les peuples les plus groſſiers, les plus ignorans & les plus barbares, auſſi-bien que parmi ceux qui ſont les plus civiliſés, polis & ſçavans, tous les hommes ſe ſont trouvés exercés & habiles dans l'uſage de cette machine; & même dans ces vaſtes pays, qui s'étendent ſi loin vers le Nord & vers le pole Sud, où à peine on connoît un ſeul de ces inſtrumens

Leçon V.

méchaniques qui dépendent de la balance & du fleau, comme le levier, le cabeſtan, la poulie, la vis ou le coin; & où l'on n'a pas même penſé à l'uſage du rouleau & de la rouë, les peuples n'ont pas laiſſé dans ces vaſtes pays & dans les Iſles adjacentes, de devenir fort adroits & habiles dans l'uſage de l'arc, & de ſçavoir lancer un trait par ſon moyen de manière à atteindre & à percer le but propoſé; de ſorte qu'il ſemble que c'eſt-là la machine la plus commune, & qu'il a été plus aiſé aux hommes d'imaginer: Et cependant je ne vois pas qu'aucun des anciens ou des modernes ait reduit la nature, les proprietés & la puiſſance des reſſorts à une théorie certaine & au calcul, quoique pluſieurs ayent beaucoup écrit ſur cette machine, & qu'on ait fait diverſes tentatives & expériences à ce ſujet, juſqu'à ce que le Docteur Hooke en dernier lieu ait réduit le reſſort à un principe certain, en démontrant que *la puiſſance d'un reſſort* de quelque eſpece qu'il ſoit, *augmente en même proportion que ſa tenſion;* ſoit qu'il ſoit tendu par compreſſion ou par condenſation, par diſtenſion ou par rarefaction; de ſorte que ſi la force d'une livre lui donne un degré de mouvement pour le tirer de ſon état naturel, deux livres lui en donneront deux degrés, 3 livres 3 degrés, & ainſi de ſuite. Mais cet inſtrument méchanique, tout au contraire de tous les autres que j'ai déja ſpecifié, reçoit toute la puiſſance ou le mouvement qui lui eſt imprimé, & le retient juſqu'à ce qu'il ſoit en liberté, ou qu'il ne ſoit plus tendu au-delà de ce qu'il étoit, ou forcé par une puiſſance plus grande; mais alors au lieu d'aller en avant ſelon la direction où il a été mû, il recule & agit dans une direction contraire; & par *reaction* il agit avec toute la puiſſance & le mouvement qu'il a reçu ſur les corps qu'il rencontre dans ſa route à meſure qu'il recule, & il les entraîne avec une grande vîteſſe, comme ayant reçu toute la puiſſance qu'il a par la tenſion que la force qui a bandé l'arc, lui a imprimée. Par ce moyen toute la force du bras qui a été employée à bander l'arc d'un côté, eſt ſubitement communiquée par l'arc à la fléche du côté oppoſé, ce qui la fait mouvoir avec cette grande vîteſſe lorſqu'elle eſt déchargée, continuant ſon mouvement par la premiere loi. Mais on peut demander, comment il peut arriver que l'arc qui en le bandant ou le tirant n'eſt mû que par un mouvement lent & peſant (& qui même ſouvent eſt arrêté pendant quelque tems ſans aucun mouvement) retient cependant une ſi grande quantité de mouvement qu'il en produit un très-rapide, ou qu'il agit avec

une grande force ſur un autre corps, quoique ſenſiblement il paroiſſe n'avoir de lui-même aucun mouvement; au lieu que tous les autres inſtrumens, qui produiſent un mouvement auſſi grand ou auſſi rapide, le reçoivent ſenſiblement d'une puiſſance qui agit ſur eux, lorſqu'ils produiſent leur effet, s'avançant directement ſelon la ligne de direction où ils ſont mûs avant le choc, en ſorte qu'on n'y voit que la continuation de tout le mouvement acquis. LEÇON V.

A cela je réponds que quoique la raiſon phyſique de la puiſſance des reſſorts ne paroiſſe pas peut-être auſſi évidente aux ſens que celle d'un poids qu'on éleve, & qu'enſuite on laiſſe tomber, elle eſt cependant de la même nature, comme on peut le démontrer clairement : car comme en élevant un poids à une certaine hauteur, & en le laiſſant tomber de cette hauteur, la puiſſance de la peſanteur fait retomber ce poids à l'endroit d'où il avoit été élevé, & qu'ainſi dans ſa chute elle le met en état d'employer autant de force ou de puiſſance qu'on en a employée à l'élever à une ſi grande hauteur : ainſi un reſſort, qui a une puiſſance ſemblable à la peſanteur, ou une activité équivalente & renfermée dans lui-même, mais avec cette différence qu'elle agit de tous les côtés où on la dirige, (au lieu que la peſanteur n'agit qu'en bas) employe en revenant toute la force ou la puiſſance qui a été employée à la bander & à lui donner cette tenſion; & comme le mouvement de la peſanteur ou de la chute, quelle que ſoit la vîteſſe du mouvement qui a élevé le poids, le fait revenir à l'endroit d'où il a été élevé, par une progreſſion uniforme d'acceleration, qui eſt particuliere à la puiſſance de la peſanteur, comme nous l'avons fait voir; ainſi le recul du reſſort, quelle que ſoit la vîteſſe avec laquelle il a été bandé, le fait débander de lui-même, avec les degrés de puiſſance & de vîteſſe, qui ſont propres & particuliers à la nature des reſſorts, qui, comme je l'ai dit ci-devant, ont d'autant plus de puiſſance, qu'ils ſont plus bandés : de ſorte que pour faire une comparaiſon exacte, nous ne devons pas conſiderer un ſimple poids à élever, comme dans l'exemple de la peſanteur, parce que la puiſſance ou la reſiſtance de la peſanteur, dans un tel poids eſt la même ſenſiblement à la fin qu'au commencement; car la même puiſſance qui éleve ce poids à un pied de hauteur au commencement, peut l'élever un pied plus haut après qu'elle l'a porté à cette hauteur, ou à un troiſiéme pied après le ſecond : Par exemple, ſi la force du poids d'une livre éleve un poids à un pied de hauteur, cette force d'une livre continuée, l'élevera à un autre pied de hauteur, &

LEÇON V.

enſuite (étant continuée) à un troiſiéme pied. Mais c'eſt toute autre choſe dans un reſſort ; car s'il faut la force d'une livre pour bander un reſſort d'un pouce, il en faudra une de deux livres pour le bander de deux pouces, & de trois livres pour le bander de trois pouces ; de ſorte qu'on peut repreſenter plus exactement la puiſſance d'un reſſort par l'élevation d'une chaîne ou d'une corde chargée de poids comme un chapelet qui étoient à terre ; car s'il faut, par exemple, une livre pour élever le premier chaînon ou le premier poids, on ne pourra pas l'élever plus haut ſans élever deux chaînons ou deux poids, & ainſi il faudra y employer la force de deux livres ; ſi l'on veut l'élever plus haut, il faudra élever trois chaînons ou trois poids, & ainſi de ſuite. Ou plus exactement encore on peut repreſenter cette force par un cylindre de bois que l'on tire de l'eau, qui eſt preſque de la même peſanteur ſpécifique que l'eau, ou par l'élevation de l'eau dans un tuyau par le moyen d'une pompe foulante ; car dans ce cas, à meſure qu'on éleve le cylindre plus haut au-deſſus de la ſurface de l'eau, d'où on le tire, ſa peſanteur augmente, & la puiſſance qui l'éleve doit croître dans la même proportion, laquelle eſt exactement la même que celle du reſſort ; & ainſi l'un de ces exemple devient très-propre à éclaircir la puiſſance du reſſort, & la maniere dont il agit ; & quoique la cauſe de la néceſſité d'augmenter la puiſſance pour mouvoir l'un de ces pieds, ſoit plus ſenſible & plus aiſée à comprendre que la néceſſité pareille d'augmenter la puiſſance pour bander le reſſort, cependant ſi nous allons plus avant pour découvrir la vraye raiſon & l'explication phyſique de la puiſſance de la peſanteur, nous la trouverons auſſi difficile & auſſi peuſenſible, que la cauſe phyſique & la raiſon de la puiſſance & de ſon accroiſſement dans le reſſort. Il ſuffit donc à la Géométrie de ſçavoir que les *phénoménes* exiſtent de telle maniere, & de s'en ſervir pour examiner & démontrer les conſéquences qui en reſultent. Maintenant la puiſſance de la peſanteur dans l'acceleration de la vîteſſe ou du mouvement des corps qui tombent, telle qu'elle a été d'abord trouvée & découverte par *Galilée*, a extrêmement perfectionné la théorie des corps peſans, quant au mouvement de leur chute ſur des plans inclinés & à la courbure de la parabole, que Galilée a pouſſé fort loin, & d'où l'on a tiré pluſieurs théories fort curieuſes ſur cette matiére, comme nous l'avons fait voir dans cette Leçon ; & la même théorie a été pouſſée encore plus loin par *Toricelli*, & par pluſieurs autres après lui. Mais tout cela

est fondé sur une supposition, que la puissance de la pesanteur dans tous les points ou perpendiculaires de la chute est mathématiquement la même & uniforme; & il est vrai que dans tous les mouvemens des corps terrestres pesans, on l'a trouvée sensiblement la même; mais dans l'exactitude mathématique & dans la théorie physique, il y a réellement une différence : c'est-à-dire, que les perpendiculaires de la chute ne sont pas paralléles entr'elles, mais convergentes, & s'approchant toujours plus les unes des autres, à mesure qu'elles s'approchent du centre de la terre; la puissance de pesanteur dans chaque point de ces lignes n'est pas égale & uniforme, mais elle est plus forte à mesure qu'elles approchent plus de la terre, & plus foible à mesure qu'elles s'en éloignent (*Leçon* 1. n°. 17.) selon une certaine proportion, qui est cause que la ligne courbe décrite par un projectile n'est pas une portion de la ligne parabolique, comme *Galilée*, *Toricelli* & les autres l'avoient supposé; mais plûtôt une partie d'une ellipse qui a dans l'un de ses *foyers* le centre de la terre. Malgré cela, les théories & les problêmes qu'ils ont tiré géométriquement de ces *phénoménes*, tels qu'ils les avoient découverts, & de l'hipothese qu'ils avoient prise en conséquence, sont très-utiles; ils en ont tiré & demontré les corrollaires, ce qui est tout ce qu'on peut attendre de mieux de la Géométrie. Mais *Newton* a porté toutes ces connoissances beaucoup plus loin; il a déterminé la puissance de la pesanteur, & l'a réduite à un point fixe, faisant voir qu'elle décroît à mesure qu'elle agit plus loin du corps central : par ce moyen, il a trouvé la vraye raison du mouvement des corps celestes & celle des lignes ou des orbites qu'ils décrivent, en combinant parfaitement les vîtesses avec lesquelles ils se meuvent dans leurs orbites, comme nous l'avons expliqué fort au long. Mais ici, l'exemple tiré de la pesanteur est (comme je l'ai dit ci-devant) insuffisant pour expliquer l'effet du ressort qui recule sur un corps à qui il donne du mouvement; car plus le ressort est bandé, plus il a de force, tout au contraire de la pesanteur. LEÇON V.

Il faut donc chercher l'effet de la puissance du ressort, en ce point particulier, dans la théorie même de la nature des ressorts, qui sont, comme je viens de le dire, toujours plus forts, à mesure qu'ils sont plus bandés, c'est-à-dire, en même proportion que l'action qui les bande; & par conséquent (puisque l'action & la réaction sont égales) la vîtesse du corps qu'un ressort fait mouvoir, sera toujours en même proportion que le degré de

LEÇON V.

l'action qui l'a bandé, soit qu'elle soit plus longue ou plus courte; c'est-à-dire, que plus le ressort est bandé, plus le mouvement de son recul est prompt, & que moins il est bandé, plus ce mouvement est lent. S'il est bandé d'un dégré, la vîtesse est comme un; s'il est bandé de deux degrés, la vîtesse est comme deux; s'il est bandé de trois degrés, elle est comme trois; & ainsi de suite pour tout autre degré : par conséquent la vîtesse étant toujours proportionnelle à l'espace qu'elle fait parcourir, le tems du mouvement du ressort, soit que l'espace soit plus long ou plus court, sera toujours le même ou *isochrone;* ce qui revient au mouvement d'un pendule, dont le poids se meut dans une cycloïde, comme nous l'avons fait voir.

Cela me conduiroit à expliquer plusieurs choses qui concernent l'*élasticité* & les loix des corps élastiques dans leurs êtres; comme aussi l'effet de cette proprieté dans l'air pour porter les sons; mais je parlerai de tout cela dans le second Volume, celui-ci étant déja trop gros.

NOTES

NOTES sur la Cinquiéme Leçon.

1. [3 — 283. *Ce corps décrira toute la diagonale par l'action de ces deux forces.*]

Notes sur la Ve. Leçon.

SI trois, quatre, cinq, ou un nombre quelconque de forces agiſſent ſur un corps dans le même-tems, on trouvera par la même regle, que la ligne décrite par ce corps ſera le reſultat de toutes les forces compoſées. Par exemple, ſi quatre forces, dont les quantités & les directions ſont repréſentées par les longueurs & les poſitions des lignes AB, AC, AD, AE (*Planche* 28. *Figure* 1.) agiſſent tout à la fois ſur un corps en A; menons d'abord B a & a C, reſpectivement égales & paralléles aux lignes AB & AC, & ayant par ce moyen achevé le parallélogramme ABaC, nous menerons la diagonale Aa que le corps décriroit, s'il n'étoit mû que par les deux forces AB & AC qui agiſſent ſur lui. Maintenant, puiſque nous avons fait voir que le corps par une ſeule force, dont la quantité & la direction ſont repréſentées par la longueur & la poſition de Aa, auroit le même mouvement que ſi les deux forces AB & AC agiſſoient ſur lui; nous pouvons les conſidérer comme une ſeule force Aa, qui étant comparée avec la force AD, nous donnera la diagonale A *a* du parallélogramme A a *a* D, laquelle ſera la ligne dans laquelle le corps pouſſé par les trois forces AB, AC & AD doit ſe mouvoir préciſément de la même maniere que s'il n'y avoit que deux forces, comme Aa & AD qui agiſſent ſur lui. Les trois forces étant donc ainſi réduites à une ſeule, repréſentée par A *a*, on peut combiner A *a* avec AE quatriéme force, & avoir par ce moyen la diagonale A *æ* du parallélogramme A *a æ* E, qui ſera la ligne que le corps décrira par l'action réunie des quatre forces.

Planche 28. Figure 1.

N. B. *On peut commencer par celle des quatre forces que l'on voudra, la ligne* A æ *ſera toujours la diagonale du dernier parallélogramme.*

On trouvera de la même maniere le reſultat des actions d'un nombre quelconque de force.

2. [3 — 283. *L'eſpace dans lequel un corps ſe meut eſt tranſporté, &c.*] Lorsqu'on ne fait pas attention à ceci, on ſe trompe ſouvent dans les jugemens que l'on porte ſur le mouvement & la percuſſion, prenant ſouvent par erreur un coup oblique pour un coup perpendiculaire, & un coup perpendiculaire pour un coup oblique, & l'on tire de fauſſes conſéquences des *phénoménes* par le moyen de ces mépriſes. Cela paroîtra plus évidemment par une figure. (Voyez *Planche* 28. *Figure* 2.) GHBA & ABDC ſont deux quarrés ou parallélogrammes égaux placés l'un ſur l'autre, & ſéparés l'un de l'autre par le plan ou ligne AE. Il y a un corps mobile ſur la ligne

Planche 28. Figure 2.

NOTES sur la Ve. Leçon.

GA de G en A. Supposons premierement que ce corps tombe * de G en A, dans cette situation des parallélogammes ; le parallélogramme ABDC recevra le coup de la chute du corps en A, & ce coup se donnera dans une direction perpendiculaire à AE. Plaçons ensuite le parallélograme GHBA devant l'autre parallélogramme ; en sorte que la ligne GA soit directement devant AC, & la ligne HB devant BD (ou pour parler plus mathématiquement, supposons que ces lignes se confondent respectivement) le corps qui tombe de G en A, décrira aussi la ligne AC perpendiculaire à AE. 3°. Les parallélogrammes étant toujours l'un devant l'autre, supposons que le corps tombe encore le long de GA, qui est maintenant devant AC ; mais que dès le commencement de la chute, le parallélogramme GHAB (qui porte le corps) soit mû horizontalement dans la direction AE, en sorte qu'il arrive à la situation BEFD, lorsque le corps qui tombe a parcouru sa longueur GA ; par ce moyen il arrivera en D au lieu de C, le parallélogramme ABDC restant pendant tout ce tems immobile Par ce moyen le corps étant porté pendant son mouvement par son propre parallélogramme, aura décrit dans le parallélogramme ABDC, la diagonale AD, pendant qu'il n'a décrit dans son propre parallélogramme que la ligne GA, qui est maintenant représentée par BD. De sorte qu'une personne que l'on suppose être dans le parallélogramme GHBA, lorsqu'il étoit devant ABDC, & qui ne s'apperçoit pas du mouvement du parallélogramme où elle est portée, croira que le mouvement du corps a été *absolument* dans la ligne BD, perpendiculaire à AE, tandis qu'il n'y a été que *relativement*, & qu'il s'est fait *absolument* dans la ligne AD oblique à AE, comme nous l'avons fait voir dans la Leçon (n°. 3.) 4°. Supposons que le parallélogramme GHAB est au-dessus de l'autre ABDC, & se meut horizontalement sur la ligne AE, pendant que le corps tombe de G en A, en sorte qu'il soit dans la position HJEB, lorsque le corps est arrivé en A, qui est maintenant porté en B. Une personne qui ne fait pas attention à ce mouvement lateral du parallélogramme où elle est placée, s'imaginera que le coup en B se fait dans la direction HB, perpendiculaire à AE, & cela d'autant plus, que la force du coup ne sera pas plus grande que si le corps s'étoit mû dans la perpendiculaire HB, à cause de son obliquité. Car quoique par le mouvement du parallélogramme, qui fait aller le corps dans la diagonale GB, sa vîtesse (& par conséquent son *momentum*) soit augmentée dans la raison de GA à GB ; cependant la force du coup, eu égard à l'obliquité, doit être aussi diminuée dans la raison de GB à GA ou du *sinus total* au *sinus droit* de l'angle d'inclinaison, comme nous l'avons démontré dans le cas de la traction oblique. (*Leçon* 3. *Notes* 5 & 7.)

5°. Supposons le parallélogramme GHBA sur l'autre parallélograme ABDC, comme nous l'avons supposé au commencement, mais que le corps se meuve en bas dans la ligne HB, en ce cas le corps frappera le parallélogramme ABCD en B, dans la direction HB perpendiculaire à AE, & si

* Quoique nous nous servions du mot (*tomber*) nous pouvons supposer que le corps descend par un mouvement uniforme & non acceleré, pour rendre cette explication plus aisée ; elle seroit pour tant également vraye dans l'acceleration.

le parallélogramme supérieur est placé devant l'inférieur, la ligne BD & HB sera décrite en même-tems par un mouvement du corps perpendiculaire à AE. NOTES sur la Ve. Leçon.

6°. Soit le parallélogramme GHBA placé devant le parallélogramme ABDC, que nous supposerons se mouvoir derriere lui pendant que le corps descend de H en B, lesquels points sont maintenant dans la position de B & D; de sorte que le corps peut arriver en D par toute sa chute, lorsque le parallélogramme ABDC est venu à la position BEFD; le point D étant arrivé en F, & le point C en D, où il rencontre le corps, au lieu du point D où le corps est arrivé en-devant. Dans ce cas un homme en B, porté dans le parallélogramme ABDC, s'il ne s'apperçoit pas de son propre mouvement, s'imaginera que le corps a réellement décrit la diagonale ED oblique à AE, qu'il n'a décrit que *relativement;* car le corps n'a décrit *absolument* aucune autre ligne que BD perpendiculaire à AE. En effet lorsque le parallélogramme ABDC, est venu dans la position *abdc*, le corps est descendu de B*a*, qui est un point commun à la diagonale *bc*, & à la ligne perpendiculaire de la chute BD, & par conséquent il paroît avoir décrit *b6*, tandis qu'il n'a parcouru que B*i*. Ensuite lorsque le parallélogramme est venu par son mouvement à la position *a*B*δκ*, le corps sera au point 2, commun à la diagonale B*κ*, & à la ligne de chute BD, paroissant avoir parcouru B2, lorsqu'il n'a parcouru que B2, & lorsque le parallélogramme ABDC est venu à la position BEFD, une personne portée dans ce parallélograme, & ne s'appercevant pas de son propre mouvement, s'imaginera que le corps a parcouru toute la diagonale ED oblique à AE, tandis qu'il n'a réellement parcouru que la ligne BD perpendiculaire à AE.

Enfin supposons le parallélogramme GHBA immobile sur ABDC, & que celui-ci se meuve horizontalement de la longueur BE, pendant que le corps tombe de H en B. Dans ce cas le coup sera reçu par le parallélogramme ABDC au point A, au lieu de B, le point A ayant maintenant pris la place B, précisément au moment que le corps y arrive. Le coup paroîtra aussi oblique que si le corps avoit parcouru la diagonale JB, & cela d'autant plus que sa force sera moindre que si le coup avoit été donné au point B, du parallélogramme mobile, en raison de JB à HB; c'est-à-dire, du sinus total au sinus droit de l'angle sous lequel le parallélogramme ABDC par son mouvement latéral reçoit le coup.

N. B. *La différence entre ce cas & le 4e est que, quoique l'obliquité de* JB *soit la même que celle de* GB, *cependant la force du coup est plus grande dans ce cas que dans celui-ci. Car en ce cas-là, le mouvement latéral du parallélogramme, qui porte le corps, est une seconde force ajoutée, & la combinaison de ces forces porte réellement le corps dans la diagonale, & augmente son* momentum, *dont l'effet n'est diminué qu'à cause de l'obliquité de l'angle* GBA: *mais dans ce dernier cas le corps ne décrivant rien de plus que la perpendiculaire* HB, *n'a point son* momentum *augmenté, parce que le mouvement latéral du parallélogramme* ABDC *n'ajoute aucune force au corps; au contraire elle diminue l'effet de sa force, en recevant obliquement son coup, & cela dans la proportion de* JB HB.

NOTES sur la Ve. Leçon.

Si le parallélogramme A B D C s'étoit mû plus lentement ; par exemple, s'il n'avoit été que dans la position *a b d c*, lorsque le corps avoit parcouru en descendant toute la longueur H B, il auroit reçu le coup sur son point æ, qui seroit maintenant en B, & l'obliquité auroit paru moindre. La direction du mouvement paroissant être maintenant dans la ligne K B, qui aussi se seroit moins écartée de la force du coup. Mais si A B D C s'étoit mû plus vîte que nous ne l'avons supposé au commencement ; alors l'obliquité du mouvement auroit paru plus grande à proportion de l'obliquité du coup, dont la force auroit été plus diminuée.

La vérité que nous venons d'expliquer est d'un grand usage, non-seulement dans la méchanique, mais encore dans toutes les mathématiques mixtes. J'en donnerai un exemple dans l'optique, en faisant voir que le mouvement annuel de la terre autour du soleil, est une conséquence certaine de quelques observations sur les étoiles fixes, faites par M. *Jacques Bradley*, Astronome curieux & exact, Professeur d'Astronomie dans l'Université d'*Oxford*. Ceux qui sçavent l'Astronomie & la Trigonométrie sphérique, peuvent lire le détail qu'il donne lui-même de ses observations, & les conséquences qu'il en tire, dans les *Transactions Philosophiques*, N°. 406. Mais comme les principes que j'ai expliqué jusqu'ici dans ce premier volume de mon Cours de Physique, ne mettent pas le Lecteur en état de comprendre le Mémoire de M. *Bradley*, je vais en expliquer autant qu'il en faut pour faire sentir l'application de ce que j'ai dit du mouvement oblique, & pour mettre en même-tems hors de doute cette importante découverte du mouvement de la terre.

Il est bon, pour me faire mieux entendre, que je fasse ici une digression sur les opinions des Philosophes au sujet du mouvement ou de la stabilité de la terre, & sur les méthodes qu'on a employées pour fixer ce point.

Quoique la premiere notion, que les plus anciens Observateurs des mouvemens célestes, après avoir découvert la rondeur de la terre, a dû être (selon toute apparence) que le Ciel avec le soleil, la lune & les étoiles, tournoient autour de la terre ; cependant quelques Philosophes enseignerent bien-tôt que le soleil étoit au centre du système, & que la terre & toutes les planétes rouloient autour du soleil ; tel fut *Pythagore*, *Philolaüs*, & quelques autres. Mais *Ptolemée* & ses Sectateurs soutinrent l'opinion contraire, qui s'accorde avec la notion commune du vulgaire, lequel s'imagine que la terre est un vaste corps en comparaison du soleil & des planétes, & qu'elle est immobile, comme leurs sens semblent le leur apprendre. Mais à mesure que les Astronomes vinrent à observer les mouvemens des planétes, dont on ne peut pas expliquer l'irrégularité apparente, dans la supposition de la stabilité de la terre, & ayant découvert que le soleil étoit beaucoup plus grand que la terre ; voyant aussi que le mouvement diurne de la terre autour de son axe, expliquoit tous les *phénoménes* du jour & de la nuit, avec tous les autres mouvemens attribués au *premier mobile* comme le mouvement annuel explique tous les *phénoménes* des saisons, & éclaircit toutes les difficultés relatives aux stations & rétrogradations des planétes ; plusieurs reçurent l'opinion du mouvementde la terre renouvellée par *Copernic*, comme une supposition très-raisonnable ; mais

NOTES sur la Ve. Leçon.

n'étant appuyée par aucune démonſtration, elle ne pouvoit être qu'une ſuppoſition. Quoique l'uſage des teleſcopes, inventés dans ces derniers ſiécles, ait beaucoup augmenté la probabilité de l'*hypotèſe* de *Copernic*, en faiſant voir par les phaſes de *Mercure* & de *Venus*, qu'elles doivent indubitablement ſe mouvoir autour du ſoleil, & non pas autour de la terre. Les Philoſophes tâcherent donc de faire des obſervations capables de leur donner une démonſtration d'un côté ou d'autre ; & le but principal qu'ils ſe propoſerent, fut de travailler à découvrir une *parallaxe* annuelle dans les étoiles fixes : on en comprendra aiſément la méthode par la troiſiéme *Figure* de la *Planche* 28.

Planche 28. Figure 3.

E o *e* repréſente l'orbite de la terre, dont le plus long diamétre eſt E *e*, S une étoile fixe, qu'un obſervateur en E, voit par le rayon viſuel E S, lequel forme un angle droit avec le diamétre E *e*, & avec le plan de l'écliptique E O *e*. Suppoſons que cette obſervation ſoit faite en *Juin*, alors ſix mois après, lorſque la terre & l'obſervateur ſeront partis de E, & arrivés en *e*, à la diſtance E *e* du point E, où le rayon viſuel S E étoit perpendiculaire, ſi l'on obſerve de nouveau cette même étoile, on ne la verra plus par un rayon perpendiculaire comme *s e*, mais par le rayon oblique S *e*, l'angle qu'il fait avec la perpendiculaire étant S *e s*, lequel eſt égal à E S *e*, angle ſous lequel on verroit le diametre de l'orbite de la terre, ſi un obſervateur étoit dans l'étoile S ; & c'eſt ce qu'on appelle angle parallactique. Il eſt évident que ſi l'étoile étoit encore une fois auſſi loin de la terre, comme en Σ, au lieu d'être en S, on la verroit par le rayon Σ e, & l'angle parallactique ſeroit encore une fois plus petit ; & par conſéquent plus l'aſtre eſt éloigné à proportion du diamétre E *e*, plus l'angle parallactique eſt petit ; enſorte que ſi l'aſtre étoit à une diſtance immenſe de la terre, le diamétre E *e* vû de l'aſtre ; (c'eſt-à-dire, en comparaiſon de la diſtance de l'étoile) n'eſt qu'un point, & par conſéquent l'angle parallactique diſparoît. Or, le fait eſt réellement tel ; car lorſque la terre eſt arrivée en *e*, on voit par le rayon *s e* l'étoile, qui eſt à une diſtance immenſe ; & quoique ce rayon forme un angle avec l'autre rayon S E, cependant il lui eſt ſenſiblement paralléle. C'eſt ce qui a fait triompher les Diſciples de *Ptolemée*, & leur a fait dire, que l'orbite E O *e* n'eſt qu'imaginaire, & que la terre ne bouge jamais de la place E ; parce que l'étoile paroît toujours dans la même place, l'angle droit que S E forme avec le plan de l'écliptique, (décrite par le ſoleil, & non par la terre,) ne changeant jamais. Les Copernicien ont toujours répondu que le manque d'inſtruments ſuffiſamment exacts, a été la raiſon pour laquelle on n'a pas pu obſerver l'angle de la parallaxe, & en conſéquence ils ont fixé à ce deſſein les inſtruments les plus exacts de la meilleure maniere qu'ils ont pû. M. *Flamſtead* fixa un arc de cercle à une muraille, pour obſerver la parallaxe de l'étoile polaire, qu'il trouva de 40 ou 50 ſecondes ; mais on ne pouvoit pas compter ſur cette obſervation, parce qu'il n'étoit pas probable que la muraille à laquelle cet inſtrument étoit fixé, dût reſter exactement dans la même poſition dans toutes ſes parties, d'un ſolſtice à l'autre.

Le Docteur *Hook* prétendit avoir trouvé une parallaxe ſenſible dans les étoiles fixes, en l'obſervant dans l'étoile brillante de la tête du *Dragon*,

Notes sur la Ve. Leçon.

par une meilleure méthode qui ne dépendoit pas de la fixation d'un instrument; c'étoit avec un telescope de 36 pieds, qu'on pouvoit aisément rectifier à ce dessein; mais ses observations que l'on avoit regardées comme fort exactes, parurent erronées à M. *Bradley*, dont nous allons faire mention. *Newton* est le premier qui ait démontré le mouvement de la terre; mais il l'a fait par les loix de la pésanteur, & non par des observations astronomiques. Il se gardoit bien de donner crédit aux observations d'où les autres concluoient la parallaxe des étoiles fixes; & lorsque M. *Jean Rowley* eût poli un verre objectif pour le fixer dans l'une des Tours de l'Eglise de S. Paul, au haut de la Tour de l'escallier, pour servir d'un fort long telescope propre à observer les astres auprès du Zenith, & à déterminer leur parallaxe, il défendit qu'on y plaçât ce verre, de peur qu'on ne vînt à tirer dans un point aussi important des conséquences appuyées sur des observations incertaines, regardant celles-là comme telles, parce que la batisse pouvoit en s'affaissant un peu altérer la situation de cette Tour telescopique. Le Docteur *Gregory* parle d'une autre méthode dans la neuviéme section du troisiéme Livre de son Astronomie; la voici: il suppose que deux étoiles S & Σ (*Planche* 28. *Figure* 3.) sont dans une ligne, de maniere qu'un Observateur qui est dans la même ligne en E, les prend toutes deux pour une seule étoile S; il est certain que si cet Observateur s'éloigne en *e*, ou à une distance sensible de E, l'étoile paroîtra double, parce que maintenant les deux sont comprises sous l'angle S *e* Σ, & une telle observation ne dépend pas de la fixation d'un instrument à un point immobile, ou de beaucoup d'appareil; un telescope armé d'un micrométre suffit à ce dessein. On esperoit de tirer quelqu'avantage d'une telle observation, parce que M. Cassini avoit observé plusieurs étoiles, qui paroissoient doubles ou triples dans un tems, & simples dans un autre; comme la premiere du *belier*, celle qui est à la tête des *jumeaux*, celle qui est [illegible]pée d'*orion*, & quelques-unes des *pleiades*. Mais après un mûr examen, on vit qu'elles ne paroissoient pas doubles & simples à six mois de distance, & d'une maniere conforme à ce qu'on auroit dû attendre de la parallaxe; & l'on conclut que le *phénoméne* des étoiles qui paroissent simples ou doubles, venoit de quelqu'autre cause: leur distance est si grande, que même l'éloignement de la terre à 160 millions de milles, n'est pas capable de nous faire découvrir les astres qui sont l'un derriere l'autre.

Comme un grand nombre même de Sçavans ne comprennent pas les *Principes* de *Newton*, & par conséquent ne se rendent pas à sa preuve du mouvement de la terre, tirée des loix de la pesanteur; & que ceux qui comprennent son Livre, seroient pourtant bien-aises d'avoir une preuve collatérale tirée des observations astronomiques; plusieurs personnes ont fait d'autres tentatives pour observer une parallaxe dans les étoiles fixes; & l'an 1725. le feu *Samuel Molyneux*, Ecuyer, avec un instrument fait & imaginé par M. *George Graham*, ce Membre illustre & curieux de la *Societé Royale* (d'autant plus exact que celui du Docteur *Hook*, que sans lui nous serions encore dans une grande incertitude sur la parallaxe des étoiles fixes) commença à observer l'étoile brillante de la tête du *Dragon*.

(marquée γ par *Bayer*) lorſqu'elle paſſoit près du Zenith ; M. *Bradley* obſerva auſſi tout le tems avec lui, & par pluſieurs obſervations, faites avec beaucoup de ſoin, il parut que l'étoile étoit plus nord de 39 ſecondes d'un dégré en *Septembre* qu'en *Mars*, préciſément tout au contraire de ce qu'elle auroit dû être par la parallaxe annuelle des étoiles fixes ; c'eſt-à-dire, que les Obſervateurs qui en Septembre voyoient l'étoile en S dans la ligne E S, dans le mois de *Mars* ſuivant, au lieu de la voir en S dans la ligne *e* S, la virent en σ dans la ligne *e* σ. Cette étrange apparence embarraſſa les Obſervateurs, & M. *Molyneux* mourut avant qu'on en eût découvert la cauſe. M. *Bradley* avec un autre inſtrument de la même eſpece, fait auſſi par M. *Graham*, obſerva les mêmes apparences, non-ſeulement dans cette étoile, mais dans pluſieurs autres ; & s'étant pleinement convaincu par pluſieurs Expériences, que le *phénoméne* ne venoit d'aucune erreur de l'inſtrument, il examina quelle pouvoit en être la cauſe, & il trouva que la cauſe réelle étoit le mouvement de la terre, & le mouvement progreſſif de la lumiere ; enſorte que maintenant le mouvement de la terre eſt appuyé ſur une obſervation aſtronomique. Cette découverte, qui eſt d'une grande conſéquence pour l'Aſtronomie, qui avoit été tentée inutilement pendant pluſieurs années, & qui enfin a été faite en 1728, n'eſt encore connue en aucun endroit que je ſçache, ſi ce n'eſt dans les *Tranſactions Philoſophiques*, par une lettre au Docteur *Halley*, écrite par l'Auteur de la découverte, dont la modeſtie eſt égale à ſa grande capacité dans l'Aſtronomie. Si elle avoit été faite par certains Etrangers, nous aurions eu déja des volumes entiers écrits avec pompe ſur cette matiere. Il eſt ſurprenant que dans l'eſpace de cinq ans, aucun Sçavant hors de ce Royaume n'ait pris connoiſſance de cette découverte, ſoit pour nous propoſer des objections, ou pour convenir de la vérité.

NOTES ſur la Ve. Leçon.

Cela nous fait voir que la parallaxe des étoiles fixes eſt beaucoup plus petite, que ne l'ont ſuppoſé juſqu'ici ceux qui ont prétendu tirer de leurs obſervations ; car au lieu de pluſieurs ſecondes, elle ne monte pas à une ſeule. Delà il ſuit que l'étoile de la tête du *Dragon*, dont on a parlé ci-devant, eſt au-deſſus de 400 mille fois plus éloignée de nous que le ſoleil ; que la lumiere vient du ſoleil à la terre en 8 minutes & 13 ſecondes, & que le mouvement de la terre dans ſon orbite annuelle eſt 10, 210 fois plus lent que celui de la lumiere, quoique la terre ſe meuve à raiſon de 56, 000 milles par heure.

Quoique la lettre de M. *Bradley* ſoit fort claire pour les Aſtronomes, cependant en faveur de ceux qui n'ont qu'une connoiſſance ſuperficielle de la ſcience du Ciel, je vais (conformément à ma promeſſe) tâcher de faire voir de la maniere la plus claire, comment le mouvement progreſſif de la lumiere, comparé avec celui de la terre, fait paroître une étoile (qui après avoir été obſervée dans le Zenith, eſt laiſſée en arriere par le mouvement de la terre) comme ſi elle s'étoit muë en avant, tout au contraire de ce qu'on auroit dû attendre.

Planche 28. Figure 4.

SUPPOSONS qu'une étoile eſt en S, d'où la lumiere s'étend de tous

Planche 28. Figure 4.

Notes sur la Ve. Leçon.

les côtés en lignes droites ; mais nous ne considérons ici que deux de ces rayons ou lignes ; sçavoir SE & S*e*. E*e* est une ligne, dans laquelle l'Observateur est entraîné avec la terre dans l'orbite annuelle ; nous supposerons ici ce mouvement rectiligne (pour rendre notre explication plus aisée) ; & nous supposerons ici que le mouvement est seulement 6 fois plus rapide que celui de la terre ; de sorte qu'une particule de lumiere décrira toute la ligne AE ou S*e* dans le même tems que la terre décrit E*e*. Il s'ensuit delà, que pendant qu'une particule de lumiere parcourt une partie de la ligne S*e*, comme S1, 12, 23, &c. la terre décrira une partie correspondante de la ligne E*e*, comme E*f*, *fg*, *gh*, &c. Maintenant si la terre étoit en repos en E ou *e*, un Observateur y verroit l'étoile dans la ligne ES ou S*e*, par le moyen de la particule de lumiere qui doit venir de S en E, ou de S en *e* ; mais il ne verroit jamais l'étoile dans la ligne *es*, comme si elle étoit en *s*. Que si l'on suppose que la terre partant de E se meut dans la ligne E*e*, en même-tems que deux particules de lumiere partent de l'étoile S, pour se mouvoir, l'une dans la ligne SE, & l'autre dans la ligne S*e* *, il arrivera que la terre sera sortie du point E, avant que la particule de lumiere qui vient dans la ligne SE, soit arrivée à l'œil de l'Observateur, qui sera en *e*, lorsque cette particule de lumiere est en E ; mais alors l'autre particule, qui vient dans la ligne S*e*, sera arrivée dans l'œil de l'Observateur, précisément à mesure que la terre arrive en *e*, & elle le frappera dans la direction *se*, comme si cette particule étoit venue de *s*, parce que quoiqu'elle vienne réellement dans la ligne S*e*, perpendiculaire à E*e*, le mouvement de l'Observateur dans la ligne E*e*, lui fait recevoir un coup perpendiculaire, tout comme si réellement il étoit oblique, ainsi que nous l'avons fait voir dans le dernier cas de la *Figure* 2. (*page* 380.) Car si l'on suppose que le parallélogramme AS*e*E, avec la terre à l'angle E, se meut latéralement dans la direction E*e*, avec une vîtesse capable de lui faire parcourir S1, pendant que la terre parcourt E*f* ; 12, pendant que la terre parcourt *fg* ; 23, pendant que la terre parcourt *gh* ; 34, pendant qu'elle parcourt *hi* ; 45, pendant qu'elle parcourt *ik* ; & enfin, 56, pendant qu'elle parcourt *ke*, ou, ce qui revient au même, s'il a 6 fois la vîtesse de la terre ; alors la diagonale SE étant portée latéralement, lorsque la particule de lumiere est portée en 1, & la terre (en entraînant le parallélogramme AS*e*E) en *f*, le point *a* de la diagonale se confondra avec le point 1 du rayon S*e*, ou de la ligne du mouvement de la particule de lumiere, qui par ce moyen paroîtra s'être muë dans la ligne S*a* ; lorsque la terre est en *g*, le point *b* de la diagonale se confondra avec 2 de la perpendiculaire, & la particule paroîtra avoir décrit *ab* ; lorsque la terre est en *h*, *c* se confondra avec 3 ; lorsque la terre est en *i*, *d* se confondra avec 4 (ou sera porté sur 4) ; lorsque la terre arrive en *k*, *d* se confondra avec 5 ; & enfin, lorsque la terre est en *e*, E se confond avec 6, & la particule de lumiere paroît avoir décrit le rayon ou la diagonale SE, qui doit maintenant être portée sur

* A cause de la distance immense de l'étoile, nous pouvons regarder la ligne SE, comme égale à S*e*.

la parallèle *s e*, parce que la terre eſt venue en *e*. De ſorte que l'étoile qui devient viſible à l'Obſervateur par la ligne ou rayon S *e* lui paroît (à cauſe de ſon mouvement dans la ligne E *e*) être dans la ligne *s e*; au lieu que ſi le lieu de l'Obſervateur avoit été immobile, il auroit vû l'étoile en S, & non en *s*. Si donc l'Obſervateur, à meſure qu'il eſt entraîné par le mouvement de la terre, regarde par un teleſcope, dont l'axe fait l'angle S E *e* avec la ligne E *e* du mouvement de l'Obſervateur, lorſqu'il arrive en *e*, il verra l'étoile en *s*; ce qu'il n'auroit pas pu faire, ſi ſon teleſcope avoit été dirigé dans la ligne E A ou *c* S perpendiculaire à E *e*. NOTES ſur la V. Leçon.

N. B. *Puiſque la ligne S e eſt réellement* 10210 *fois plus longue que la ligne E e, à cauſe que la lumiere ſe meut autant de fois plus vîte que la terre; combien l'angle A E S (= S e s) doit-il être petit? & combien doit être exact l'inſtrument dont on ſe ſert pour obſerver un tel angle? Cependant on trouve par des expériences réitérées, que cet inſtrument en vient à bout; ce qui fait voir la grande exactitude de M.* Graham, *qui paſſera à la poſtérité autant que la grande ſagacité de M.* Bradley *dans la conſéquence qu'il en a tirée.*

2. [7. page 302. *Les parties du tourbillon qui ſont les plus proches du ſoleil, devroient ſe mouvoir plus vîte*, &c. — *Les quarrés des tems périodiques*, &c. *ſont comme les cubes de leurs diſtances*, &c.) Newton a examiné dans la neuviéme ſection du ſecond Livre de ſes *Principes*, tous les cas poſſibles des *tourbillons*, dont je n'ai pris que celui qui eſt rapporté dans le onziéme Corollaire de la Propoſition 52, comme étant le plus commun. Je renvoye les Curieux à cette ſection, qu'il ſeroit trop long d'inſerer ici toute entiere; mais je crois qu'il eſt à propos d'en tranſcrire la derniere partie (qui eſt la trente-cinquiéme Propoſition que l'Auteur a voulu appliquer à l'hypothèſe de *Deſcartes*, pour en démontrer l'inconſiſtence, & pour faire voir qu'il eſt impoſſible que les planétes ſe meuvent dans des tourbillons); j'y joins auſſi une partie de ſon *Scholie* general, qui eſt à la fin de ſon Livre, & qui a le même but.

PROPOSITION LIII.

Du ſecond Livre des Principes de Newton.

Les corps qui roulent dans un tourbillon, *& reviennent au même point dans le même orbe, ont la même denſité que le* tourbillon, *& gardent dans leur mouvement la loi qui eſt obſervée par les parties du* tourbillon, *quant à leur vîteſſe & à la direction de leur mouvement.*

Car ſi l'on ſuppoſoit qu'une petite partie du tourbillon, dont les particules où les points phyſiques conſervent entr'eux une ſituation conſtante, vint à ſe glacer; cette partie ne changeant point de denſité, ni de force, ni de figure, ſuivroit dans ſon mouvement la même loi qu'elle ſuivoit auparavant; & au contraire, ſi une partie glacée & ſolide du tourbillon, étoit de même denſité que le reſte du tourbillon, & ſi elle venoit à ſe réſoudre enfluide, elle conſerveroit la même loi de mouvement qu'auparavant,

Notes sur la V. Leçon.

excepté que ſes particules devenues fluides, auroient encore un mouvement entr'elles. Mais on peut négliger ce mouvement relatif des particules entr'elles, comme n'ayant aucun rapport au mouvement progreſſif du tout, & le mouvement du tout ſera le même qu'auparavant. Mais ce mouvement ſera auſſi le même que celui des autres parties du tourbillon également éloignées du centre, parce que le ſolide changé en fluide devient partie du *tourbillon*, & partie entierement ſemblable aux autres parties. Donc ſi le ſolide eſt de même denſité que la matiere du *tourbillon*, il aura le même mouvement que les parties de ce *tourbillon*, & il ſera dans un repos relatif par rapport à la matiere qui l'environne immédiatement. S'il eſt plus denſe, il fera de plus grands efforts qu'auparavant, pour s'éloigner du centre du tourbillon, & il ſurmontera la force qui le retenoit auparavant comme en équilibre de ſon orbite. Il s'éloignera du centre, en décrivant par ſa révolution une ſpirale, & ne revenant plus au même point de ſon orbite. On prouvera de même que s'il eſt plus rare, il s'approchera du centre. Donc il ne reviendra plus au même point, qu'il n'ait la même denſité que le fluide, & dans ce cas on a fait voir qu'il rouleroit de la même maniere que les parties du fluide, également éloignées du centre.

COROLLAIRE I.

Donc le ſolide, qui roule dans un *tourbillon*, & qui revient toujours au même point, eſt dans un repos relatif par rapport au fluide qui l'entraîne.

COROLLAIRE II.

Et ſi le *tourbillon* eſt d'une denſité uniforme, le même corps peut rouler à chaque diſtance du centre du *tourbillon*.

SCHOLIE.

Dela il ſuit évidemment, que les planétes ne ſont pas emportées par des *tourbillons* corporels. Car les planétes, ſelon l'hypothèſe de *Copernic*, étant portées autour du ſoleil, décrivent des ellipſes, dont le ſoleil eſt le *foyer* commun; & par des rayons menés au ſoleil, elles décrivent des aires proportionnelles aux tems. Soient AD, BE, CF (*Planche* 28. *Figure* 5.) trois orbes décrits autour du ſoleil, dont le plus grand CF eſt un cercle concentrique au ſoleil, & les *aphelies* des deux intérieurs ſont A & B, leurs *perihelies* D & E. Donc le corps qui roule dans l'orbe CF, décrivant par des rayons menés au ſoleil des aires proportionnelles aux tems, ſera mû d'un mouvement uniforme; & ſelon les loix de l'Aſtronomie, le corps qui roule dans l'orbe BE, ira plus lentement dans l'*aphelie* B, & plus vîte dans ſon *perihelie* E; au lieu que ſelon les loix de la Méchanique, la matiere du *tourbillon* doit ſe mouvoir plus vîte dans un eſpace plus étroit entre A & C, que dans un eſpace plus large entre D & F, c'eſt-à-dire, plus vîte dans l'*aphelie* que dans le *perihelie*. Mais ces deux concluſions ſe contrediſent. Ainſi au commencement du ſigne de la

Planche 28. Figur. 5.

Vierge, où eſt maintenant l'*aphelie* de *Mars*, la diſtance entre les orbes de *Mars* & de *Vénus*, eſt à la diſtance entre les mêmes orbes au commencement du ſigne des *Poiſſons*, comme 3 à 2 environ, & par conſéquent la matiere du tourbillon entre ces deux orbes au commencement des *Poiſſons*, doit avoir plus de vîteſſe qu'au commencement de la Vierge, en raiſon de 3 à 2. Car plus l'eſpace eſt petit par où la même quantité de matiere paſſe dans le même tems d'une révolution, plus la vîteſſe avec laquelle elle paſſe doit être grande. Donc ſi la terre, qui eſt relativement en repos dans cette matiere céleſte, en étoit emportée, & tournoit avec elle autour du ſoleil, ſa vîteſſe au commencement des *Poiſſons*, ſeroit à ſa vîteſſe au commencement de la *Vierge* en *raiſon ſeſquialtere*. Donc le mouvement diurne & apparent du ſoleil au commencement de la *Vierge*, ſeroit au-deſſus de 70 minutes, & au commencement des *Poiſſons*, il ſeroit au-deſſous de 48 minutes; au lieu qu'au contraire ce mouvement apparent du ſoleil eſt réellement plus grand au commencement des *Poiſſons*, qu'au commencement de la *Vierge*, comme l'expérience nous l'apprend. Donc la terre va plus vîte au commencemeut de la *Vierge*, qu'au commencement des *Poiſſons*. Donc l'hypothèſe des *tourbillons* eſt entierement contraire aux phénoménes aſtronomiques, & elle eſt plus propre à troubler les mouvemens céleſtes, qu'à les expliquer.

NOTES ſur la V. Leçon.

SCHOLIE GENERAL.

L'hypothèſe des tourbillons eſt combattuë par un grand nombre de difficultés. Il faut que chaque planéte par un rayon mené au ſoleil, décrive des aires proportionnelles aux tems de leurs deſcriptions, que les tems périodiques des différentes parties des *tourbillons*, obſervent la raiſon doublée de leurs diſtances au ſoleil. Mais afin que les tems périodiques des planétes puiſſent avoir la proportion ſeſquipliquée de leurs diſtances au ſoleil, il faut que les tems périodiques des parties du *tourbillon*, ſoient en proportion ſeſquipliquée de leurs diſtances. Afin que les plus petits *tourbillons* puiſſent conſerver leurs petites révolutions autour de *Saturne*, *Jupiter*, & autres planétes, & pour qu'ils puiſſent nager tranquillement, & ſans être troublés dans le grand tourbillon du ſoleil, il faut que les tems périodiques des parties du *tourbillon*, ſoient égaux. Mais la rotation du ſoleil & des planétes autour de leurs axes, qui doit correſpondre aux mouvemens de leurs *tourbillons*, s'écarte beaucoup de toutes ces proportions. Les mouvemens des cométes ſont extrêmement réguliers, & conduits par les mêmes loix que les mouvemens des planétes, & on ne peut en aucune maniere les expliquer par l'hypothèſe des *tourbillons*. Car les cométes ſont portées par des mouvemens très-excentriques dans toutes les parties des Cieux indifféremment, avec une liberté qui eſt incompatible avec l'idée des *tourbillons*.

3. [9. page 308. *On peut faire pluſieurs autres expériences relatives aux forces centrales*, &c. *En faveur des Curieux nous en donnerons quelques autres dans les Notes.*] Pour faire voir par expérience comment une planéte

NOTES sur la V. Leçon.

accélere son mouvement à mesure qu'elle s'approche du soleil, & comment elle le retarde, lorsqu'elle s'en éloigne ; il faut fixer la table tournante (telle qu'elle est représentée par la onziéme *Figure* de la *Planche* 24.) sur son pied, de maniere qu'elle puisse tourner dans sa situation horizontale. Ensuite on ôtera la piece *quarrée* ou rectangulaire S *s*, & on l'attachera à la table dans l'endroit M *m*, par le moyen d'une vis dans son bord inférieur, laquelle passera à travers la table, & sera fixée en-dessous par une écrouë. Cela étant fait, au lieu des deux balles T, M, prenez-en une comme M, & l'ayant placée à un pouce en-dedans de la partie la plus courte du *quarré* en M, vous ferez passer son cordon par un des trous qui sont à côté de la piece centrale C, & en haut par le trou du milieu ; ensuite ayant attaché un fil de fer w à travers le cordon, ensorte que la force centrifuge agissant sur M, (pendant que la table tourne) ce fil de fer puisse empêcher la balle de frapper contre le bout de M *m* ; faites enfin tourner la table dans la direction de la fléche, pendant que la main tient l'autre bout du cordon assez lâche en *x*, la balle pressera le quarré V *v* en M. Tirez un peu le fil pour faire approcher un peu plus la balle, du centre, vous verrez qu'elle frappera l'autre côté en *m*, & vous entendrez le coup, ce qui fait voir que son mouvement est acceleré ; mais si alors, (la table tournant toujours avec la même vîtesse) vous la tenez avec la main, elle s'éloignera du centre, & frappera contre M, ce qui fait voir que son mouvement est retardé, parce qu'elle se meut plus lentement que les parties de la table qui sont sous elle, comme elle se mouvoit plus vîte que la table dans l'autre cas.

La conclusion de la quinziéme Expérience (sçavoir, que dans la même orbite la force centrifuge est comme le quarré de la vîtesse) s'ensuivroit également de toute autre variation des tems périodiques. Par exemple si le fil de la poulie H (*Figure* 14. *Planche* 25.), passoit sur la rainure de 3 pouces, & celui de la poulie K sur la rainure de 2 pouces, chaque planéte étant de même poids, & à la même distance du centre ; la planéte P qui a le plus de vîtesse, élèveroit (dans sa tour) un poids de $2\frac{1}{4}$ livres ; pendant que celle *p* qui a le moins de vîtesse, ne leveroit qu'une livre ; ces poids étant l'un à l'autre, comme 9 à 4 ; c'est-à-dire, réciproquement comme les quarrés des tems périodiques 2 & 3, ou directement comme les quarrés des vîtesses.

Planche 25. Figure 14.

En un mot, si les *forces centrales* différent en quelque façon que ce soit, on peut les comparer ensemble par le moyen de ce qu'on a déja expliqué ; car *elles sont toujours en* raison *composée de la* raison *de la quantité de matiere des corps qui font leurs révolutions*, *de la* raison *des distances au centre*, *& enfin de la* raison *inverse des quarrés des tems périodiques* ; & cette comparaison se fait ainsi : multipliez la quantité de matiere dans chaque corps par sa distance au centre, & divisez le produit par le quarré du tems périodique ; les quotients des divisions seront dans cette *raison* composée, c'est-à-dire, comme les forces centrales.

EXPE'RIENCE.

Planche 25. Figure 14.

PASSEZ le cordon de la roue sur la rainure de 2 pouces de la poulie K,

& ſur celle de 3 pouces de la poulie H ; ce qui fera que les tems périodiques des planétes P & *p* ſeront l'un à l'autre comme 2 à 3. Par l'addition de 4 onces à la piece qui porte le poids dans la tour S, tout le poids ſera de 6 onces, & ſoit la planéte P de 2 onces, & à 8 pouces du centre. La planéte *p* doit être de 4 onces, & à 12 pouces du centre, & le poids qui la tire dans la tour *s*, doit être de 8 onces. Tournez la roue, & les deux poids s'éleveront au même moment. Multipliez 2 (poids de la planéte P) par 8 ſa diſtance ; le produit eſt 16, lequel étant diviſé par 4 (quarré de ſon tems périodique) donne 4 au quotient ; (car $2\times 8 = 16$ & $\frac{16}{4} = 4$.) Enſuite multipliez 4 (poids de la planéte *p*) par ſa diſtance 12, & le produit 48 étant diviſé par 9 (quarré du tems périodique de *p*) vous aurez $5\frac{1}{3}$ (car $4\times 12 = 48$ & $\frac{48}{9} = 5\frac{1}{3}$). Or ces nombres 4 & $5\frac{1}{3}$ ſont l'un à l'autre comme 12 à 16, ou comme 6 à 8, qui ſont les poids dans les tours qui expriment les quantités des forces centrales. NOTES ſur la V. Leçon.

Lorſque les quantités de matiere ſont égales, il ſuffit de diviſer les diſtances par les quarrés des tems périodiques pour déterminer la proportion des forces centrales l'une à l'autre.

Et dans ce cas, *ſi les quarrés des tems périodiques ſont entr'eux, comme les cubes des diſtances, les quotients des diviſions ſeront en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, & l'on trouvera que les forces centrales ſont en même raiſon :* ce qui eſt le cas des planétes & des cométes dans le Ciel.

On peut fort bien éclaircir cela par l'Expérience ſuivante.

EXPÉRIENCE.

FAITES paſſer le cordon de la roue ſur la rainure de 2 pouces de la poulie K, & ſur celle de 6 pouces de la poulie H, afin que le tems périodique de la planéte P, ſoit 3, pendant que celui de *p* eſt 6. Soient P & *p* chacune de 4 onces, P étant à 5 pouces du centre, & *p* à 8 pouces. Alors ſi P eſt attachée à 10 onces dans ſa tour S & *p* à 4 dans la ſienne *s*, les deux poids s'éleveront tout-à-la-fois, lorſqu'on fera tourner la roue. Planche 25. Figure

Les forces centrales ſont ici comme 4 à 10, & la *raiſon* inverſe des quarrés des diſtances, eſt celle de 25 à 64 (& ce dernier nombre devoit être exactement $62\frac{1}{2}$, & le ſeroit ſi l'on avoit pris pour la diſtance au centre la racine quarrée de $62\frac{1}{2}$; mais nous avons préferé 8 pouces, pour éviter les fractions) ce qui ſuffit pour une expérience. Les quarrés des tems périodiques ſont 9 & 36 ; ce qui auſſi s'accorde aſſez avec les cubes des diſtances, qui ſont 125 & 512 ; car 512 auroit dû n'être que 500, qui eſt la *raiſon* exacte qui manque ou qui auroit été beaucoup plus proche, ſi la diſtance au centre avoit été la racine quarrée de $62\frac{1}{2}$, comme nous l'avons dit ci-devant.

4 [16. Page 32. *D'autres, &c. prétendent que le* momentum *n'eſt pas comme le produit de la maſſe par la vîteſſe du corps qui ſe meut, mais comme la maſſe multipliée par le quarré de la vîteſſe.*]

NOTES sur la V. Leçon.

[26. Page 329.] *Le poids*, &c. *Multipliez-le par la vîteſſe, & on aura le momentum*, &c.

Il y a peu d'années, que tous les Mathématiciens & Philoſophes s'accordoient dans l'opinion, que le *momentum* ou force mouvante des corps, conſiſtoit dans la maſſe ou quantité de matiere, multipliée par la vîteſſe, comme nous l'avons expliqué dans la ſeconde *Leçon*, N°. 1, 2, 3, &c. M. *Leibnitz* (ſi je ne me trompe) eſt le premier qui a rejetté l'ancienne opinion, en diſant que la force des corps en mouvement, étoit compoſée de la maſſe multipliée par le quarré de la vîteſſe, en l'appliquant à la chûte des corps, & diſant que le coup donné par les corps qui tombent, eſt toujours proportionnel aux hauteurs d'où ils tombent, leſquelles hauteurs ſont (*Leç.* 5. N°. 16. *Cor.* 1.) comme les quarrés des vîteſſes. Mais ſon erreur conſiſte en ce qu'il ne conſidere pas le tems, (comme nous l'avons fait voir;) car les vîteſſes ſeules ne ſont pas la cauſe des eſpaces parcourus, mais ce ſont les tems & les vîteſſes enſemble; autrement l'effet ſeroit plus grand que la cauſe, ce qui eſt abſurde. Bien des gens d'eſprit ont tâché de défendre l'opinion de M. *Leibnitz*, par des argumens ſubtils, quoique faux, s'étant d'abord trompés eux-mêmes, en appliquant mal les Obſervations & les Expériences.

Quelques-uns ont diſtingué les actions employées ſur les corps (par exemple, la force de la peſanteur) en force vive & force morte (*vis viva & vis mortua*) appellant *force vive*, celle qui produit un effet viſible ſur un corps, & *force morte* celle qui eſt détruite par une cauſe contraire, comme lorſqu'un obſtacle empêche un corps de tomber, ou qu'étant dans le baſſin d'une balance, un contrepoids dans le baſſin oppoſé l'empêche de deſcendre. Quand même nous admettrions cette diſtinction, l'expérience commune de l'inſtrument le plus ſimple de la méchanique, je veux dire de la balance, fait voir que la *force vive* & la *force morte*, ſont toutes les deux en proportion ſimple de la vîteſſe multipliée par la maſſe. Par exemple, 4 livres étant placées à 6 pouces de diſtance du centre de mouvement, & 2 livres à 12 pouces, auront une force vive, ſi la balance eſt miſe en mouvement; mais on voit bien que ces forces ſont égales, puiſqu'ayant des directions contraires, elles ſe détruiſent bien-tôt mutuellement, & elles ſont l'une à l'autre en raiſon ſimple de la vîteſſe multipliée par la maſſe, qui eſt $4 \times 6 = 24$ & $2 \times 12 = 24$. Au lieu que ſi les forces avoient été en ce cas comme la maſſe multipliée par le quarré de la vîteſſe, le poids 2 placé à près de 8 pouces & demi, auroit détruit le mouvement du poids 4 à 6 pouces de diſtance, & l'auroit réduit à l'*équilibre*, c'eſt-à-dire, $6 \times 6 \times 4 = 144$ & $8, 426, \&c. \times 8, 426, \&c. \times 2 = 144$: Le cas eſt le même dans la force *morte*; car alors 2 à la diſtance 12, tient 4 en *équilibre* à la diſtance 6, & la moindre altération des poids ou des diſtances, détruit l'équilibre. La même choſe ſe vérifie dans *le levier*, *la poulie*, *le tour*, *le plan incliné*, *le coin* & *la vis*.

Le *momentum* des corps paroiſſant ſi évidemment par cette expérience commune, être le produit de la maſſe par la vîteſſe, d'autres ont dit que la conſtruction particuliere des inſtruments de méchanique, étoit la cauſe

de ce *phénoméne*, & que cette action des corps l'un ſur l'autre par le moyen des inſtruments, devoit s'appeller *preſſion*, diſtinguant la *force* de la *preſſion*, & avouant que les *preſſions* des puiſſances ſont l'une à l'autre réciproquement comme les maſſes multipliées par les vîteſſes ; mais niant que les forces ſoient dans cette raiſon. NOTES ſur la V. Leçon.

Mais pour faire voir que les *forces* que nous appellerons auſſi les moments des corps, ſont dans la *raiſon* précédente, il nous faut conſidérer l'Expérience ſuivante, qui m'a été communiquée par M. *George Graham*.

EXPE'RIENCE.

LA machine repréſentée par la figure a déja éte décrite ci-devant. Nous ſuppoſons ſeulement que l'arc FE eſt diviſé en 24 dégrés de chaque côté, en comptant depuis les extrémités AD & CB du pendule plat quarré, au lieu des 18 marqués dans la figure, & que le pendule peſe deux livres, & le poids W auſſi deux livres. Planche 24. Figure 1.

Maintenant ſi le pendule ſans le poids W eſt tiré en haut au vingt-quatriéme dégré du côté de E, lorſqu'on le laiſſe aller, il doit monter à 24 de l'autre côté ; mais ſi une perſonne qui tient la corde L dans ſa main (pendant que le poids W eſt ſuſpendu, un demi-pouce au-deſſus de ABCD, lorſqu'il eſt dans le lieu le plus bas) laiſſe aller la corde préciſément au moment que le pendule plat vient à l'endroit le plus bas ; le pendule recevant par ce moyen une addition de matiere égale à la ſienne propre, n'ira qu'à douze du côté de F. Si on laiſſe aller le pendule depuis le vingtiéme dégré, & qu'on laiſſe tomber W ſur lui dans la partie la plus baſſe de ſa vibration, alors (étant ainſi chargé) il n'ira qu'à 10 dégrés ; & lorſqu'on le laiſſe partir de 12, s'il reçoit le poids W au lieu le plus bas, il n'ira qu'à 6.

Pour comparer maintenant enſemble les deux opinions, il nous faut examiner laquelle des deux donne le *momentum* le même avant & après la réception W.

Notes sur la V. Leçon.

Ancienne Opinion.

Dans la premiere moitié de la vibration.			*Dans la derniere moitié de la vibration.*		
Vîteſſes.	*Maſſe.*	*Momens.*	*Vîteſſes.*	*Maſſe.*	*Momens.*
24	2	48	12	4	48
20		40	10		40
12		24	6		24

Nouvelle Opinion.

Dans la premiere moitié de la vibration.			*Dans la ſeconde moitié de la vibration.*		
Vit. quarré des Vit.	*Maſſe.*	*Momens.*	*Vit. quarré des Vit.*	*Maſſe.*	*Momens.*
24 576	2	1152	12 144	4	576
20 400		800	10 100		400
12 144		288	6 36		144

au lieu de 1152, 800, 288

Mais pour voir les momens tels qu'ils doivent être ſelon la nouvelle opinion, les vîteſſes après la réception de W ſur le pendule, devroient être 17 —, 14, 1 + & 8,48 + ; car 17 — × 17 — = 288 & 14,1 + × 14, 1 + = 200, & 8,48 + × 8, 48 + = 72; leſquels nombres étant multipliés reſpectivement par la maſſe 4 du pendule du poids, donneroient pour produits 800 & 288, les mêmes *momens* que le pendule avoit dans la premiere moitié de la vibration.

N. B. *Comme il faut un peu de pratique & de dextérité pour faire tomber W préciſément au milieu de A B C D, on doit faire pluſieurs expériences, & avoir un cercle tracé ſur le plan A B C D, pour en marquer exactement le milieu; mais l'expérience eſt concluante, quand même W ne tomberoit pas préciſément dans le cercle; car lorſqu'il tombe en-delà (par exemple, lorſqu'on laiſſe aller le pendule depuis 12) alors le pendule compoſé ira auſſi loin en-delà de 6 vers F, & en-deça de 6 vers E. La même choſe arrivera de quelque hauteur que le poids tombe. L'expérience réuſſit auſſi également, ſoit que le bas du poids & la ſurface ſupérieure de la plaque ſoit polie ou raboteuſe, molle ou dure. Il y a même un autre moyen de faire l'expérience, plus aiſé que celui de laiſſer tomber le poids; & c'eſt en fixant la corde qui tient le poids de maniere que la plaque ne faſſe préciſément que gliſſer ſous lui dans ſa vibration, & alors arrêtant à vis la piece droite recourbée w x w ſur la platine, qui eſt maintenant repréſentée par* a b c d, *de maniere que la piece recourbée ou demi cylindre, qui eſt un peu plus grande que le cercle* W W (*baſe du poids lorſqu'il eſt ſur la plaque*) *vienne au bas*

de

de la vibration embraſſer le poids W, & l'entraîner avec elle, ſans qu'il tombe ſur la plaque. En ce dernier cas l'expérience réuſſira auſſi également, ſoit que la ſurface cylindrique du poids ſoit de plomb, de fer, de cuivre, ou même de cuivre doux. J'ai fait l'expérience de ces différentes manieres, pour répondre à différentes objections, quoiqu'elles ayent ſi peu de force, qu'on peut y répondre d'ailleurs, & les voici.

NOTES ſur la Ve. Leçon.

OBJECTION Ire. LE choc produit par la chûte du poids W, empêche le pendule compoſé d'aller auſſi loin qu'il devroit aller.

Réponſe. LE pendule eſt dans un mouvement horizontal, lorſqu'il reçoit le poids W, lequel par ſa chûte lui donne un coup perpendiculaire. Ce coup (par ce qui a été dit, *Leçon* 3. N°. 85. de deux forces qui agiſſent en même-tems ſur un corps) ne peut ni l'avancer ni le retarder vers le côté où il va, mais ſeulement le faire deſcendre plus bas, ſi les cordes qui ſuſpendent le pendule plat cedent un peu. Par exemple, ſoit *ef* (*Planche* 24. *Figure* 1.) la ligne dans laquelle le pendule ſe meut dans la partie la plus baſſe de ſa vibration, que l'on pourra regarder comme une ligne droite, en prenant la tangente pour un petit arc; que le poids W dans la ligne W e. Si nous ſuppoſons qu'on lâche la corde, enſorte qu'elle devienne plus longue de toute la hauteur *eg*, le pendule ſera alors pouſſé par deux forces, telles que *ef* & *eg*, qui lui feront parcourir la diagonale *el*; ſi la corde n'eſt étendue que juſqu'en *h*, le corps décrira la diagonale *em*; ſi elle ne s'étend que juſqu'en *i*, il décrira la diagonale *en*; & enfin ſi les cordes ne s'étendent point du tout, ou que par leur réaction elles ſe rétabliſſent entierement, alors tout l'effet du choc de la chûte de W ſera détruit, & le corps décrira la ligne *ef*, comme s'il n'y avoit point eu de choc. Mais dans tous ces cas le pendule compoſé va de la ligne *eg* à la ligne *fl* dans le même tems, & le bord de la plaque [illegible]rque le même nombre de dégrés ſur l'arc de cercle gradué au-deſſous de lui. Le ſuccès de l'expérience, lorſqu'on attache un cuir bien doux ſous le plomb, doit donner ſatisfaction à ceux qui font cette objection; mais lorſqu'on fait l'expérience ſans laiſſer tomber le plomb en aucune maniere, (lorſque le petit demi-cylindre *w x w* de la plaque emporte le poids avec lui) elle doit les convaincre entierement.

Planche 24. Figure 1.

OBJECTION II. LE frottement du poids W & de la plaque A B C D l'un contre l'autre, occaſionne la perte d'un mouvement, & empêche le pendule compoſé d'arriver aux diſtances, qui ſont conformes a la nouvelle opinion.

Réponſe. CETTE objection eſt trop vague & incertaine; car ceux qui la font devroient faire voir combien le frottement doit détruire de mouvement dans les autres cas, & prouver qu'ici elle en détruit autant; au lieu qu'en examinant la choſe de près, on voit que la cauſe eſt beaucoup moindre que l'effet; car le mouvement qui eſt ici perdu, ſelon la nouvelle opinion, doit être la moitié de tout le mouvement du pendule com-

Notes sur la Ve. Leçon.

posé ; au lieu que le frottement ne détruit jamais que le tiers tout au plus. D'ailleurs le frottement d'une partie du pendule contre l'autre, n'affecte en aucune maniere le mouvement de tout le pendule, ou le syſtême de ces deux corps, par rapport au côté où ils ſont portés. Car *Newton* a démontré dans ſes *Principes*, Livre premier, dans les Corollaires des Loix du Mouvement, que *ſi les corps, mûs de quelque maniere que ce ſoit entr'eux, ſont pouſſés dans des directions paralléles par des forces accélératrices égales; ils continueront tous à ſe mouvoir entr'eux, de la même maniere que s'ils n'avoient pas été pouſſés par de telles forces.* Or tel eſt le cas de notre pendule compoſé, dont toutes les parties pendant le petit tems du choc ou du frottement, peuvent être regardées comme portées en lignes droites ; c'eſt-à-dire, dans la lign *ef* & dans ſes paralléles. La réponſe par la voye de l'expérience eſt, que lorſque j'ai eu bien poli le deſſous de W, auſſi-bien que la ſurface de la plaque (comme me l'avoient demandé quelques-uns de ceux qui ont fait l'objection) il a été plus difficile de faire l'expérience ; mais le ſuccès a été le même : car toutes les fois que le poids W a eu ſon centre un peu en-derriere du centre du cercle *w w*, peut-être en gliſſant en arriere, le pendule compoſé a été court de 12, 10, ou 6 dégrés en avant vers F ; mais alors il excédoit d'autant plus, qu'il étoit venu en arriere vers E : au lieu que la diminution du frottement auroit dû le faire aller au-delà de ces nombres, ſelon le nouveau principe.

Quoique cela ſuffiſe (au moins autant qu'il me paroît) pour convaincre tout homme attentif de la vérité de l'ancienne opinion ; cependant pour rendre juſtice à deux Profeſſeurs ingénieux de *Leyde* & d'*Utrecht*, je dois faire mention d'une expérience qu'ils ont faite pour l'oppoſer à celle-ci du pendule plat.

EXPÉRIENCE.

Planche 28. Figure 6.

A B G eſt une planche verticale qui porte une piece droite A D qui lui eſt attaché par deux vis *y y*, au haut de cette piece eſt attaché un bras horizontal D F. De ce bras horizontal partent deux petites cordes de violon *c m*, *c n*, qui par les deux petits crochets *m n*, ſoutiennent le cylindre de cuivre W. Ce cylindre eſt une boëte avec un cone H, qui y entre à vis, pour y enfermer tous les poids qu'elle contient, & en même-tems pour mieux couper l'air, lorſque le cylindre ſe meut avec ſon extrémité conique en avant. *T t* eſt une petite queuë ou regle fixée à l'autre extrémité du cylindre ſur ſon axe prolongé, avec pluſieurs trous verticaux, pour recevoir la cheville P, qui traverſe derriere *r r* une forte platine de cuivre fixée à angles droits à la planche A B G, par le moyen de ſon retour R fixé à vis fortement contre la planche ; cette plaque a un trou pour y faire paſſer la queue *t t*, par le moyen de laquelle le reſſort *s s* (attaché auſſi à l'extrémité du cylindre) eſt bandé.

Lorſque la cheville P eſt tirée ſubitement en-dehors, le cylindre eſt pouſſé en avant par le débandement du reſſort, ſelon la ligne H h, & le gliſſoir O *n* étant tiré en-dehors, enſorte que ſa premiere diviſion com-

mence au point où passe la corde *cn* ; cette corde dans le mouvement du cylindre passe successivement sur les divisions marquées par la regle, & fait voir combien le cylindre a été poussé en-dehors dans chaque expérience. Le cylindre, avec sa queuë, son ressort, & sa tête, ne pese précisément qu'une livre ; mais si l'on met en-dedans différens cylindres de plomb, on le fera peser 2, 3, ou 4 livres, & de même le ressort peut avoir différens degrés de force qu'on peut lui donner, selon que la queuë *tt* est tirée plus avant par la platine *rr* vers R, & arrêtée en sa place par la cheville P.

Notes sur la V. Leçon.

N. B. *La septiéme Figure représente une partie du cylindre avec sa queuë & son ressort, & la platine rectangulaire tracée sur une plus grande échelle, & marquée des mêmes lettres.*

Lorsque le ressort étant bandé au même degré, pousse successivement en avant le cylindre différemment chargé, en tirant en-dehors la cheville P, on trouve, en observant la corde *cn*, à quelles distances le cylindre est poussé. Mais on trouve toujours que dans ces cas, quelque soit le poids du cylindre, le produit de sa masse par le quarré de sa vîtesse, est toujours le même. C'est-à-dire, si le cylindre pesant 1, le ressort est tellement ajusté qu'il le pousse au dégré 8, marqué sur la regle ou sur la tangente *no* ; le cylindre chargé avec 2, sera poussé par la même force du ressort à 5, 65, &c. S'il est chargé avec 3, il ira à 4, 62, &c. & s'il est chargé avec 4, il ira à 4. Ces Messieurs prétendent donc qu'ils ont fait usage de l'élasticité dans leur expérience, comme j'ai fait usage de la gravité dans la mienne ; & que comme leur expérience s'accorde avec la nouvelle opinion, & la mienne avec l'ancienne ; on ne peut donc rien conclure ni de l'une ni de l'autre.

Il est vrai qu'on pourroit se l'imaginer d'abord, & l'on a lieu de croire que (selon l'ancienne opinion) le ressort qui pousse le poids 1 à 8 degrés, devroit ne pousser le poids 4 qu'à 2 degrés ; au lieu que nous voyons qu'il le pousse à 4 degrés ; quoique la même force doive produire le même *momentum*. Mais c'est ici où est l'illusion. Si la force du ressort n'agissoit pas plus long-tems sur le poids 4 que sur le poids 1, elle ne le pousseroit qu'à 2 ; mais le ressort agit encore une fois aussi long-tems sur le poids 4, que sur le poids 1 ; comme il est évident, puisque le poids 4 ne se meut qu'avec la moitié de la vîtesse du poids 1, le ressort quittant la platine *rr*, une fois aussi-tôt, lorsqu'il pousse en avant le poids 1. De sorte qu'une cause égale agissant dans un tems double, doit produire le même effet qu'une cause double qui agit dans le même tems que la cause simple.

Lorsqu'une vérité a été prouvée par des raisonnemens clairs, & des expériences simples, il n'est pas nécessaire de prendre connoissance de ces raisonnemens, & de ces expériences compliquées dont on se sert pour l'embarrasser, ou pour la confirmer. Mais si les expériences qu'on a faites pour établir une opinion, & pour en détruire une autre, quoiqu'elle n'ayent pas répondu à la fin proposée, ne laissent pas de nous conduire à

Notes sur la Ve. Leçon.

quelque nouvelle découverte, ou d'éclaircir quelqu'autre vérité qui ne soit pas généralement connuë, elles méritent certainement notre attention & un examen sérieux. Le Docteur *s'Gravesande* & le Docteur P. *Muschembrock* sont trop curieux en faisant leurs expériences & trop fideles en les apportant pour ne pas mériter d'être crûs sur leur parole : Ainsi, quoique je nie la conclusion qu'ils tirent des impressions faites sur l'argile, ou autres substances molles, par des sphéres, des cones ou des cylindres, je crois qu'on peut tirer des conséquences très-utiles de leurs expériences par rapport à la percussion & à la resistance des corps mous. Je crois de même que le Professeur *Poleni* a fait ces expériences avec soin, quoique je n'aye pas l'honneur de le connoître. Ainsi j'examinerai à fond cette dispute dans le commencement de mon second volume, & j'espere de faire voir toute l'illusion des raisonnemens, qui ont été publiés en faveur de la nouvelle opinion, & de faire bien sentir que ces expériences alleguées ne sont rien moins que concluantes en ce point. Il n'est pas à propos de le faire à present; parce que je n'ai pas encore expliqué les loix de la percussion du choc des corps, qui ne trouveroient pas place dans ce Volume déja trop grossi. J'espere qu'alors je serai en état de terminer cette dispute en prouvant les trois propositions suivantes.

1. *Que la cause, qui accelere les corps dans leur mouvement en bas, & qui les retarde dans leur mouvement, (faisant abstraction de la resistance de l'air, ne les accelere pas sur leur chute avec plus de difficulté, ou plus lentement) qu'elle ne les retarde dans leur élevation; ce qui est une supposition qu'on a faite en faveur de la nouvelle opinion.*

2. *Que les impressions ou creux de capacités ou profondeurs égales, que les corps durs font sur des substances molles, en les frappant avec des vîtesses inégales sont proportionnelles aux* momens, *ou aux forces des corps qui frappent; quand même elles seroient proportionnelles aux masses multipliées par les quarrés des vîtesses.*

3. *Que les expériences de la percussion des corps mous & à ressort ne prouvent pas la nouvelle opinion, mais confirment l'ancienne.*

En même-tems, je renvoye le Lecteur curieux pour sa satisfaction aux Transactions philosophiques où il trouvera des dissertations sur ce sujet dans les nombres suivans, n°. 371, 375, 376, 396, 400. & 401.

Dans le n°. 371 il y a un écrit du Docteur *Henry Pemberton*, qui fait voir que les expériences de *Poleni* ne concluent rien en faveur de la nouvelle opinion.

Dans le n°. 375 je tâche de confirmer l'ancienne opinion, par l'expérience ancienne de la balance & par quelques expériences sur le choc des bales d'acier.

Dans le n°. 376 je tâche de faire voir l'illusion des expériences de *Poleni* par deux expériences nouvelles.

Dans le n°. 396 M. *Jean Eames* de la Societé Royale donne des remarques sur la nouvelle opinion, relativement aux forces des corps qui se meuvent, dans le cas de la collision des corps *sans ressort* : & dans la même *Transaction* il fait voir, par une autre dissertation, que la preuve de la nouvelle opinion,

tirée de la théorie de la compoſition & réſolution des forces (lorſqu'un corps par ſon impulſion bande pluſieurs reſſorts) prouve également le pour & le contre de la queſtion, & qu'ainſi prouvant trop, elle ne prouve du tout rien; & que par conſéquent il s'en faut bien qu'elle merite le nom d'une démonſtration

Notes ſur la Ve. Lecon.

Dans le n°. 400 ledit M. *Eames* a fait des remarques ſur quelques expériences en *Hydraulique*, qui ſemblent prouver, que les forces des corps égaux qui ſe meuvent ſont comme les quarrés de leurs vîteſſes.

Dans le n°. 401 il y a une lettre du feu Docteur *Samuel Clarke* ſur la proportion de *vîteſſe*, & ſur la force des *corps en mouvement*.

Cependant je ne puis que blâmer la maniere impolie dont le Docteur traite ces Mrs qui ſoutiennent la nouvelle opinion, employant contr'eux des expreſſions fort groſſieres, & qui n'ont du tout point de rapport au ſujet: Je ne ſuis pas non plus de ſon opinion en ce qu'il accuſe le Docteur *s'Graveſande de prétendre former une oppoſition contre la Philoſophie de* Newton; car je ſçai que ce Profeſſeur eſtime & a toujours beaucoup eſtimé les ouvrages de *Newton*, & que tant lui que le Docteur *Pierre van Muſchenbrock*, Profeſſeur à *Utrecht*, enſeignent la Philoſophie *Newtonniene*, quoiqu'ils diffèrent de *Newton* quant au *momentum* des corps.

4. [27 — *Le pilotis peut entrer dans la terre plus avant que dans cette proportion*, &c. 30 — *Les clouds*, &c. *cedent au même marteau preſque ſelon le quarré de la vîteſſe*, &c. — *Mais il faut faire tout le contraire dans le belier.*] QUOIQUE les expériences qui ont été faites par les Profeſſeurs ingénieux *Poleni*, *s'Graveſande*, *Muſchenbrock* & autres, ne prouvent pas que les *momens* des corps ſoient comme la maſſe multipliée par le quarré de la vîteſſe, pour les raiſons données dans les *Tranſactions philoſophiques*, où j'ai renvoyé le Lecteur, & pour d'autres raiſons (que je reſerve à l'autre partie de mon Ouvrage, où j'examinerai la percuſſion des corps, & que je crois, comme je l'eſpere, ſatisfaiſantes pour ces Meſſieurs eux-mêmes) cependant elles ont beaucoup de merite, parce qu'elles font voir avec certitude, que le même corps frappant des ſubſtances molles avec différentes vîteſſes, fait ſur elles des impreſſions, à proportion des quarrés de ces vîteſſes, & que par-là elles nous donnent un principe pour nous conduire dans la pratique de quelques operations méchaniques, qui n'étoit pas bien connu auparavant. Et en conſéquence un marteau à la main frapant ſur un fer chaud, lorſqu'il a quatre fois la vîteſſe d'un plus gros marteau, quatre fois plus peſant, fait le double d'ouvrage en forgeant le fer, quoique le *momentum* ſoit le même dans les deux; mais l'introceſſion qui fait ceder le fer, n'eſt pas la même. Ainſi en pouſſant les pilotis, lorſque la terre cede également, ſi l'on éleve le marteau quatre fois auſſi haut, le pilotis entrera dans la terre quatre fois plus aiſément; mais lorſque le pilotis (quoique bien ferré) frappe ſur un rocher, ou eſt pouſſé dans une terre pierreuſe, le cas n'eſt pas le même & la proportion eſt mêlée entre celle de la maſſe par la vîteſſe & celle de la maſſe par le quarré de la vîteſſe.

Maintenant dans le belier, l'effet eſt plus grand, lorſqu'une grande quantité de matiére ſemeut avec une p etite vîteſſe, que lorſque le même *momen-*

NOTES sur la Ve. Leçon.

Planche 28. Figure 8.

tum est produit par une petite quantité de matiere qui se meut avec une grande vîtesse. L'explication de ceci donnera quelque jour à la dispute sur l'ancienne & la nouvelle opinion. Car si l'on suppose que A C D E (*Planche* 28. *Figure* 8.) est un pan de muraille, (dont on représente ici la coupe horizontale) & qu'il soit frappé par un boulet de canon ou par un belier en B, l'effet dans le premier cas, sera que le boulet de canon (en supposant qu'il ait une vîtesse suffisante) traversera la muraille, faisant le trou *a b* B *c*, outout au plus le trou *d c* B *c*, de la figure du cone tronqué, ébranlant un peu plus de la muraille que les parties qui sont fort proches de ce trou, parce que la vîtesse est si grande, que le mouvement n'a pas le tems d'être communiqué fort loin, lorsque le boulet traverse la muraille. Mais si un belier, avec le même *momentum*, & avec une vîtesse d'autant plus petite qu'il a plus de matiere, frappe la muraille en B, il l'ébranlera tout autour à une grande distance, le mouvement ayant le tems de se communiquer; & si les coups successifs sont continués de maniere que le second soit donné avant que l'ébranlement produit par le premier, se soit dissipé; après plusieurs coups on renversera un grand pan de muraille comme F G H J. C'est là le moyen que le sieur *Christophe Wren* a souvent pratiqué pour abattre de vieillles ruines & bâtisses, & pour élever de nouveaux édifices dans l'endroit où étoient les anciens: & il dit, qu'il n'a point trouvé de moyen aussi expeditif pour démolir de vieilles murailles, dont le mortier étoit presqu'aussi dur que la pierre même.

Il est vrai qu'à la guerre le canon est préferable au belier des Anciens pour plusieurs raisons: j'en ai rapporté quelques-unes dans la *Leçon* 2e. n°. 9, & dans la 3e *Note*, & dans ces cas il faut remarquer que les Assiegeans battent obliquement, préférant de frapper les murailles obliquement par différentes batteries, quoiqu'avec moins de *momentum*, afin que le second boulet puisse les abbatre lorsque le premier les a ébranlées: ce qui est plus efficace que de faire plusieurs petits trous dans une muraille en la frappant perpendiculairement. Pour éclarcir ceci encore plus, je vais repeter ce que j'ai déja dit dans les *Transactions Philosophiques*, (n°. 376) sçavoir, » que lorsqu'une » porte est à demie ouverte, & qu'elle se meut très-librement sur ses gonds, » si l'on tire contre cette porte un coup de pistolet, la bale traversera sans » la remuer de place; mais si l'on prend une grande masse de plomb, & » qu'on la pousse contre la porte, avec la même force qui fait mouvoir la » balle du pistolet, la porte sortira de sa position, & sera portée sur ses gonds » hors de sa place; parce que dans le premier cas le mouvement de la balle » n'est communiqué qu'à peu de parties de la porte, & que dans le dernier » cas il est répandu sur toute la porte. Et même la porte sera mue par le coup, » quoiqu'il y ait dans le plomb une partie qui avance, & qui ne soit pas plus » grosse qu'une balle de pistolet, pour pouvoir ne frapper la porte que sur la » même étendue de surface qu'avoit fait la balle. »

5. [35 — 335. *Un fluide resistera quelquefois autant qu'un solide*, &c.] SUPPOSONS qu'un morceau de bois, comme une planche d'un pouce d'épaisseur, soit de la même pesanteur spécifique que l'eau, & que cette eau de même épaisseur couvre une surface d'argile; & voyons quel sera l'effet d'un boulet qui frappe le solide ou le fluide. Supposons encore que

le boulet frappant l'eau avec la vîteſſe 1, ſurmonte par ſon *momentum*, la reſiſtance comme 1, qui vient de ſa tenacité. Si le boulet, avec la même vîteſſe frappe le bois, dont la reſiſtance par ſa denſité eſt comme 1, mais dont la reſiſtance par la tenacité eſt comme 9; c'eſt-à-dire, dont toute la reſiſtance eſt 10; il eſt certain, que le boulet ne ſçauroit pénétrer le bois avec la vîteſſe 1, mais qu'il doit avoir la vîteſſe 10, pour ſurmonter la reſiſtance dont on vient de parler. NOTES ſur la Vᵉ. Leçon.

Maintenant ſi le boulet avec la même vîteſſe 10, vient contre l'eau, il trouvera une reſiſtance, comme 100, à cauſe de la denſité (*Leçon* 5, 35.) & encore la reſiſtance 10, à cauſe de la tenacité de l'eau, c'eſt-à-dire, 110. Enſuite ſi le boulet avec la même vîteſſe frappe le bois, & que l'on ſuppoſe que la reſiſtance du bois, par ſa quantité de matiere, croiſſe comme le quarré de la vîteſſe, comme elle fait dans l'eau (quoiqu'elle ne croiſſe pas en ſi grande proportion) toute la reſiſtance du bois ſera 190, c'eſt-à-dire, 100 par ſa denſité, 90 par ſa tenacité. Ici toute la reſiſtance de l'eau eſt à toute la reſiſtance du bois, comme 110 à 190 ou comme 11 à 19. Si l'on double la vîteſſe du boulet, c'eſt-à-dire, qu'elle devienne 20, toute la reſiſtance de l'eau ſera 400 + 20 = 420; & la reſiſtance des bois ſera 400 + 180 = 580: alors la reſiſtance de l'eau ſera à celle du bois, comme 42 à 58 ou 21 à 29, la différence étant maintenant moindre qu'auparavant. Si la vîteſſe du boulet eſt 40, la reſiſtance de l'eau ſera 1600 + 40 = 1640, & celle du bois, 1600 + 360 = 1960; & alors la reſiſtance de l'eau ſera à celle du bois, comme 164 à 196, ou 41 à 49, la différence étant encore plus petite. Donc à meſure que la vîteſſe du boulet augmente, la reſiſtance de l'eau s'approche toujours de plus en plus de celle du bois. Maintenant ſi le bois eſt moins denſe que l'eau, la reſiſtance de l'eau (par l'augmentation de la vîteſſe du boulet) parviendra plûtôt à être ſupérieure à celle du bois. De même quoique le bois ſoit auſſi denſe que l'eau, ſi la reſiſtance à cauſe de la quantité de matiere, ne croît pas auſſi vîte qu'elle le fait dans l'eau (comme je l'ai dit ci-devant, & comme l'expérience le fait voir) en augmentant la vîteſſe du boulet, la reſiſtance de l'eau ſurpaſſera bien-tôt celle du bois. On a fait l'expérience ſuivante pour confirmer cette propoſition.

On a étendu une voile horizontalement ſur un étang à environ 2 ½ pieds ſous la ſurface de l'eau, & ayant tiré un mouſquet avec une petite charge obliquement ſur la ſurface de l'eau, mais perpendiculairement à une planche de ſapin d'un demi pouce fixée ſous l'eau au-deſſus de la voile, la balle perça la planche ſous l'eau & enſuite la voile. On fit enſuite l'expérience avec une plus grande charge, & la balle frappa contre la planche ſans la traverſer, ne faiſant qu'une petite impreſſion ſur la planche, & même la rondeur en fut plus alterée qu'il ne ſembloit qu'elle n'auroit dû l'être par la reſiſtance de la planche, & par conſéquent on crut que la contuſion du plomb ne venoit que de la reſiſtance de l'eau. En augmentant la charge une troiſiéme fois, la balle tomba ſur la voile ſans atteindre la planche, & perdit beaucoup de ſa figure. A la fin en y mettant une charge preſque égale à la preuve (c'eſt-à-dire un poids de poudre égal au poids de la balle) cette balle fut miſe en pieces ſur la ſurface de l'eau.

Notes sur la Ve. Leçon.

N. B. *Je ne puis pas dire préciſément en quelle proportion les charges furent augmentées, parce que je ne fus pas moi-même témoin de l'expérience ; mais des perſonnes dignes de foi qui y étoient preſentes, m'en ont fait le recit.*

On voit que la reſiſtance de l'eau fut plus grande que celle du bois, en ce que ſi le coup eut été porté contre une planche de 1 ½ pouces d'épaiſſeur dans l'air, la balle l'eut traverſée toujours plus aiſément, à meſure que la charge étoit augmentée.

Cette grande reſiſtance de l'eau ſe confirme encore plus, par un accident, qui m'eſt arrivé à moi-même.

Il y a quelques années, que dans un jour de réjouiſſance, le Colonel *Samuel Horſey* avec pluſieurs autres perſonnes & moi, nous nous rendîmes ſur la Tamiſe dans une grande barque qui appartient au Corps des Cabaretiers, où nous fîmes jouer quelques feux d'artifice. Il arriva qu'une fuſée volante à eau (dont la proprieté eſt d'aller ſous l'eau pluſieurs fois & d'en ſortir de nouveau, & enfin d'écarter ſur la ſurface de l'eau) vint, lorſquelle étoit prête à crever, ſous la poupe de la barque, qui l'empêcha de s'élever à la ſurface de l'eau, & lorſqu'elle vint à crever, elle donna un grand coup à la barque, qui la ſouleva ſenſiblement, ce que j'apperçus clairement, étant directement ſur l'endroit du coup, & je fus bien ſurpris de la force d'une ſi petite quantité de poudre, y ayant beaucoup moins d'une once de poudre qui produiſit ce bruit. Un peu après, quelques Meſſieurs & Dames, qui étoient dans une autre barque, la moitié moins grande que la nôtre, s'approcherent de nous, & me prierent de jetter quelques-uns de ces artifices d'eau entre les deux barques, pour pouvoir mieux obſerver leur mouvement. J'en jettai pluſieurs, mais à la fin l'un d'eux dans ſa derniere élevation, s'arrêtant ſous le mileu de la barque, s'y briſa, & y fit un ſi grand trou au fond, que la compagnie n'eut que le tems de ſortir de leur barque dans la nôtre, & les Matelots d'arriver au rivage du milieu de la *Tamiſe* à force de rames (à *Morlake* où elle eſt aſſez étroite) avant que la barque fût à demi pleine d'eau. Dans l'exploſion de la poudre, dont la vîteſſe, dans ſon expanſion, eſt exceſſivement grande, l'eau reſiſta comme un ſolide, & par conſéquent la poudre ſe fit un chemin par le fond de la barque dont les planches étoient peu épaiſſes & moins denſes que l'eau. Après cet évenement, pour éprouver l'effet de la poudre à canon ſous l'eau ; je chargeai une de ces fuſées, en ſorte qu'elle dût crever ſous l'eau, & y ayant mis le feu, je la jettai dans un étang, qui couvroit une acre de terre : le choc fut ſi grand, que pluſieurs perſonnes qui étoient autour de l'étang, le reſſentirent comme un tremblement de terre inſtantané.

6. [42 — 342. Newton *nous a donné cette démonſtration*, &c.] Voici les deux démonſtrations de *Newton* traduites mot à mot. Livre 1. Section 2.

PROPOSITION I. THEORÊME I.

Les corps qui tournent autour du centre immobile des forces, décrivent par des

des rayons menés à ce centre, des aires qui ſont dans les mêmes plans immobiles, & qui ſont proportionnelles aux tems où elles ſont décrites. Planche 28. Figure 9.

NOTES ſur la Ve. Leçon.

» CAR ſuppoſons que le tems ſoit diviſé en parties égales, & que le
» corps par ſa force d'inertie décrive la droite AB dans la premiere partie
» de ce tems, il iroit droit vers *c* dans la ſeconde partie de ce tems (par la
» premiere loi) ſi rien ne l'empêchoit, & il décriroit la ligne B*c* égale à
» AB; en ſorte que menant du centre des forces S, les rayons AS, BS,
» *c*S, il auroit décrit les aires égales ASB, BS*c*. Mais lorſque le corps
» eſt arrivé au point B, ſuppoſons que la force centripéte agiſſant par
» une ſeule, mais forte impreſſion, détourne le corps de la droite B*c*,
» & lui faſſe parcourir la droite BC : qu'on mene C*c* paralléle à BS,
» & qui coupe BC en C : le corps après la 2e. partie du tems ſe trouvera
» (par le premier corollaire des loix) en C dans le même plan que le
» triangle ASB. Joignez SC, & parce que SB & C*c* ſont paralléles,
» le triangle SBC ſera égal au triangle SB*c*, & par conſéquent auſſi au
» triangle SAB. On prouvera de même que ſi la force centripéte agit
» ſucceſſivement en CDE, &c. faiſant décrire au corps en chaque parti-
» cule égale du tems les droites correſpondantes CD, DE, EF, &c.
» elles ſeront toutes dans le même plan, & le triangle SCD ſera égal à
» SBC, SDE à SCD, & SEF à SDE. Donc en tems égaux, le corps
» décrira par les rayons menez au centre S des aires égales dans un plan
» immobile; donc (en compoſant) les ſommes quelconques SADS,
» SAFS de ces aires, ſeront entr'elles comme les tems employés à les
» décrire. Qu'on augmente maintenant le nombre, & qu'on diminue à
» l'infini la largeur de ces triangles, leur derniere circonférence ABCDE
» ſera (par le *Cor.* 4. *Lem.* 3.) une ligne courbe, & par conſéquent la
» force centripéte qui détourne continuellement le corps de cette courbe,
» de cette courbe, agira ſans relâche, & les aires décrites quelconques
» SABCDS, SABCDEFS, toujours proportionnelles aux tems de
» leurs deſcriptions, ſeront auſſi dans ce cas proportionnelles aux mêmes
» tems. C. Q. F. D.

COROLLAIRE I.

» LA vîteſſe d'un corps attiré vers un centre immobile, dans des milieux
» ſans reſiſtance, eſt en raiſon réciproque de la perpendiculaire abaiſſée de
» ce centre ſur la tangente rectiligne de l'orbe que le corps décrit. Car
» les vîteſſes dans ces points A, B, C, D, E ſont comme les baſes AB,
» BC, CD, DE, EF, des triangles égaux; & ces baſes ſont en raiſon
» réciproque des hauteurs perpendiculaires des triangles.

COROLLAIRE II.

» SI avec les deux cordes AB, BC de deux arcs décrits ſucceſſive-
» ment en tems égaux dans des milieux ſans reſiſtance, on acheve le paralle-

Notes sur la Ve. Leçon.

» logramme ABCV, & si l'on prolonge de part & d'autre la diagonale
» BV, dans la position qu'elle a, lorsque ces arcs sont diminués à l'infini,
» elle passera par le centre des forces.

COROLLAIRE III.

» Si avec les cordes AB, BC & DE, EF des arcs décrits en tems égaux
» dans des milieux sans resistance, on acheve les parallélogrammes ABCV,
» DEFZ, les forces en B & E seront entr'elles dans la derniere raison
» des diagonales BV, EZ, prises lorsque ces arcs sont diminués à l'infini.
» Car les mouvemens BC & EF du corps (*Corol.* 1. des Loix) sont composés
» des mouvemens B*c*, BV, & E*f*, E*z*; mais BV & E*z* égaux à C*c*
» & F*f*, sont engendrés selon la démonstration de cette proposition par
» les impressions de la force centripéte en B & E; donc ils sont propor-
» tionnels à ces impressions.

COROLLAIRE IV.

» Les forces qui retirent des corps quelconques de leurs mouvemens
» rectilignes, dans des milieux sans resistance, & qui les font tourner sur
» des orbes curvilignes, sont entr'elles comme les sinus verses de arcs décrits
» en tems égaux, lorsqu'elles sont convergentes vers le centre des forces,
» & ces sinus verses tendent au centre des forces, & coupent les cordes
» en deux parties égales, lorsque ces arcs sont diminués à l'infini. Car ces
» sinus verses sont la moitié des diagonales BV, E*z* du *Corol.* 3.

COROLLAIRE V.

» Par conséquent ces mêmes forces sont à la force de la pesanteur,
» comme ces sinus verses sont aux sinus verses perpendiculaires à l'horison
» dans les arcs paraboliques que les projectiles décrivent en même-tems.

COROLLAIRE VI.

» Tout cela a lieu, par le Corollaire 5e des Loix, lorsque les plans ou
» les corps se meuvent avec les centres des forces qui sont placés dans ces
» plans, ne sont pas en repos, mais qu'ils se meuvent uniformément en
» lignes droites.

PROPOSITION II. THEORÉME II.

» *Tout corps qui se meut dans une ligne courbe décrite sur un plan, & qui*
» *par un rayon mené à un point immobile, ou à un point qui se meut uniformé-*
» *ment en ligne droite, décrit autour de ce point des aires proportionnelles aux*
» *tems, est poussé par une force centripéte qui tend au même point.*

Notes sur la Ve. Leçon.

Premier Cas.

» Tout corps qui se meut dans une ligne courbe, est détourné de sa
„ route rectiligne par quelque force qui agit sur lui, (par la premiere
„ Loi) & cette force par laquelle ce corps est détourné de sa direction, &
„ par laquelle il est forcé de décrire en tems égaux, les côtés des petits
„ triangles égaux SAB, SBC, SCD, &c. autour du point immobile S,
„ agit dans le lieu B selon une direction parallele à *e* C (par la *Prop.* 40.
„ L. 1. El. & *Loi* 2e) c'est-à-dire, selon la direction de ligne BS, &
„ dans le lieu C, selon la direction d'une ligne parallele à *d* D, c'est-à-
„ dire, selon CS, &c. Donc cette force agit selon des directions qui
„ tendent toutes à ce point immobile S. C. Q. F. D.

Second Cas.

» Et (par le 5e *Cor.* des *Loix*) c'est toujours la même chose, soit que
„ la surface ou le corps qui décrit la figure curviligne reste en repos, soit
„ qu'elle se meuve uniformément en ligne droite avec le corps, la figure
„ décrite & son point S.

COROLLAIRE I.

« Dans les milieux sans resistance, si les aires ne sont pas propor-
„ tionnelles aux tems, les forces ne tendent pas au concours des rayons,
„ mais elles s'en écartent *in consequentia;* c'est-à-dire, vers le côté où porte
„ la direction du mouvement, supposé que la description des aires soit
„ accelerée; ou bien *in antecedentia*, si elle est retardée.

COROLLAIRE II.

» Meme dans les milieux qui resistent, si la description des *aires* est
„ accelerée, les directions des forces s'écartent du concours des rayons,
„ vers le côté où porte le mouvement.

SCHOLIE.

» Un corps peut être poussé par une force centripéte composée de
„ plusieurs forces. Auquel cas le sens de la proposition est, que la force
„ résultant de toutes les autres tend au point S, &c.

J'ai inventé une machine pour représenter cela méchaniquement, dans laquelle une petite balle de cuivre représentant une planéte, se meut dans une ellipse autour d'un corps qui représente le soleil placé dans l'un des *foyers* de cette ellipse, décrivant par un *rayon vecteur*, des aires proportionnelles au tems.

N. B. *Je donnerai une figure & une description de cela à la fin de ce Volume.*

NOTES sur la Ve. Leçon.

Que la force centripéte eſt la même que la peſanteur.

Newton démontre cela dans la 4e propoſition du 3e Livre de ſes *Principes*, Propoſition 4. Théoreme 4. *Que la lune gravite vers la terre, & que par la force de la peſanteur, elle eſt continuellement retirée du mouvement rectiligne, & retenue dans ſon orbite.*

Newton ayant rendu compte de la diſtance moyenne de la lune ſelon le ſentiment de divers Aſtronomes, au commencement de cette propoſition, continue en ces termes : » Prenons pour diſtance moyenne 60 demi-diamé-
» tres dans les *ſyzigies*, & ſuppoſons que la révolution de la lune à l'égard
» des étoiles fixes s'acheve en 27 jours 7 heures & 43 minutes, comme les
» Aſtronomes l'ont déterminé, & que la circonférence de la terre eſt de
» 123249600 pieds de Paris, comme les *François* l'ont fixée par leurs
» meſures. Si l'on imagine que la lune ſoit privée de tout mouvement, &
» qu'elle ſoit abandonnée à la force qui la retient dans ſon orbe, (par le
» *Cor.* de la *Prop.* 3.) en ſorte qu'elle deſcende vers la terre, elle décrira
» en tombant dans la premiere minute de tems 15 $\frac{1}{12}$ pieds de *Paris*. On
» trouve cela par le calcul fondé ſur la propoſition 36. du 1er Livre, ou
» (ce qui revient au même) ſur le Corollaire 9. de la Propoſition 4. du
» même Livre. Car le ſinus verſe de l'arc que la lune décrit pendant le tems
» d'une minute, par ſon mouvement moyen, à la diſtance de 60 demi-
» diamétres terreſtres eſt de 15 $\frac{1}{12}$ pieds de *Paris* à fort peu près, ou plus
» exactement de 15 pieds 1 pouce 1 ligne $\frac{4}{9}$. Donc puiſque cette force en
» s'approchant de la terre, augmente en raiſon doublée inverſe de la
» diſtance, & que par conſéquent à la ſurface de la terre, elle eſt plus
» grande qu'à la lune 60 × 60 fois, un corps tombant dans nos regions
» par cette force devroit décrire dans le tems d'une minute 60 × 60 × 15 $\frac{1}{12}$
» pieds de *Paris*, & dans le tems d'une ſeconde 15 $\frac{1}{12}$ pieds ; ou plus
» exactement 15 pieds 1 pouce 1 ligne $\frac{4}{9}$, & nous trouvons actuellement
» [illegible]orps tombent ſur la terre avec cette même force. Car un pendule
» qui bat les ſecondes dans la latitude de *Paris*, eſt de 3 pieds & 8 lignes $\frac{1}{2}$
» de longueur, comme M. *Hughens* l'a obſervé. Et l'eſpace qu'un corps
» peſant décrit en tombant dans une ſeconde de tems, eſt à la moitié de
» la longueur de ce pendule en *raiſon doublée* de la circonférence d'un
» cercle à ſon diamétre, (comme M. *Hughens* l'a auſſi démontré). Il eſt
» donc de 15 pieds de *Paris*, 1 pouce 1 ligne $\frac{7}{9}$. Et par conſéquent la force
» par laquelle la lune eſt retenue dans ſon orbite, devient, à la ſurface de
» la terre, égale à la force de la peſanteur, que nous y obſervons dans les
» corps peſans. Donc (par les regles 1 & 2.) la force qui retient la lune
» dans ſon orbe, n'eſt pas différente de celle que nous appellons peſanteur.
» Car ſi la peſanteur en étoit différente, les corps tendant vers la terre
» par l'union de ces deux forces, iroient deux fois plus vîte, & dans l'eſpace
» d'une ſeconde de tems, ils décriroient 30 $\frac{1}{6}$ pieds de *Paris* ; ce qui eſt
» entierement contre l'expérience, &c.

SCHOLIE.

» LA démonſtration de cette propoſition peut s'expliquer plus au long de la

„ maniere ſuivante : ſuppoſons pluſieurs lunes qui roulent autour de la terre, comme dans le ſyſtême de *Jupiter* ou de *Saturne ;* les tems périodiques de ces lunes (par l'argument d'induction) garderont la même loi que *Kepler* a trouvé dans les planétes, & par conſéquent leurs forces centripétes ſeront réciproquement comme les quarrés des diſtances au centre de la terre, par la *Propoſition* 1. de ce *Livre.* Mais ſi la plus baſſe de ces lunes étoit fort petite & proche de la terre, qu'elle touchât preſque le haut des plus hautes montagnes, ſa force centripéte qui la retient dans ſon orbe, ſera à fort peu près égale au poids de tous les corps terreſtres, que l'on trouve au ſommet de ces montagnes, comme on peut le voir par le calcul précedent. Donc ſi la même petite lune étoit abandonnée par ſa force centrifuge, qui la porte dans ſon orbite, & ſi elle étoit par ce moyen hors d'état d'aller en avant, elle deſcendroit ſur la terre ; & cela avec la même vîteſſe avec laquelle les corps peſans tombent actuellement au ſommet de ces montagnes, à cauſe de l'égalité des forces qui les obligeroient les uns & les autres à deſcendre. Et ſi la force par laquelle cette lune la plus baſſe viendroit à deſcendre, étoit différente de la peſanteur, & que cette lune gravitât vers la terre, comme nous trouvons que le font tous les corps terreſtres au ſommet des montagnes, elle deſcendroit deux fois plus vîte, étant pouſſée par ces deux forces qui conſpireroient enſemble. Donc, puiſque ces forces, c'eſt-à-dire, la gravité des corps peſans & la force centripéte des lunes, tendent au centre de la terre, ſont ſemblables & égales entr'elles, elles auront (par la regle 1 & 2.) * une ſeule & même cauſe, & par conſéquent la force qui retient la lune dans ſon orbite, eſt celle-là même que nous appellons ordinairement peſanteur ; parce qu'autrement cette petite lune au haut d'une montagne ſeroit ſans peſanteur, ou tomberoit deux fois auſſi vîte que les corps peſans.

NOTES ſur la Ve. Leçon.

7. [43 — *Puiſque les angles*, &c. *ne décroiſſent que juſqu'à mi-chemin de* A *en* P, &c. *& que les angles*, &c. *ne croiſſent que juſqu'à mi-chemin de* P *en* A, &c.] CELA deviendra évident en prouvant que les angles formés par une ligne menée de l'un des *foyers* à un point de la circonférence d'une ellipſe, ſont les moindres qu'il eſt poſſible, ou dans leur *minimum*, lorſque ce point eſt à l'une ou l'autre des extrémités du petit axe ; c'eſt-à-dire, que SHT (*Planche* 28. *Figure* 10.) eſt moindre que S J *t ;* & c'eſt ce que nous prouverons par le moyen des deux *Lemmes* ſuivans.

LEMME I.

Dans toute figure quadrilatére inſcrite dans un cercle, la ſomme des deux rectangles formés par les côtés oppoſés, eſt égale au rectangle formé par les dux diag onales du quadrilatére.

C'eſt une propriété connue du cercle, & qui a été démontrée par *Ptolemée* & par pluſieurs autres ; c'eſt-à-dire, (*Planche* 28. *Figure* 11.) AC × DB + BC × AD = AB × DC.

* oy ez le commencement du ,e Livre de Newton.

Notes sur la Ve. Leçon.

LEMME II.

Si un arc de cercle eſt diviſé en deux parties égales & en deux inégales, je dis que la ſomme des cordes des deux arcs égaux, ſera toujours plus grande que la ſomme des cordes des deux arcs inégaux, c'eſt-à-dire, que ſi l'arc ACKB *eſt diviſé en deux parties égales* en C, *& en deux inégales en* K; AC + CB *eſt plus grand que* AK + KB.

Pour le prouver, menons par C & par le centre *K* le diamétre CD, & les diagonales & cordes AB, DC, AD, BD. Il eſt évident (par la 2e & 29e du Livre 3. *Eucl.*) que AD = BD, & qu'on peut les prendre l'une pour l'autre. Il eſt auſſi évident, que DK eſt toujours moindre que CD. (par *Eucl.* 15. Livre 3.) Or par le dernier *Lemme* AK × DB + KB × AD = AB × DK, & puiſqu'on a fait voir que DK eſt moindre que DC, il ſuit que AB × DC eſt plus grand que AB × DK. Donc AC × DB + BC × AD eſt plus grand que AK × DB + KB × AD, & puiſque les facteurs DB & AD ſont égaux, il s'enſuit que AC + CB eſt plus grand que AK + KB.

Soit décrit un cercle dans la *figure* 10. qui paſſe par les points S, H, *s*, il eſt évident (par *Eucl.* 21e du 3e) que l'angle S H *s* eſt égal à S M *s*, & il eſt auſſi évident par le 2e Lemme que S H + H *s* eſt plus grand que S M + M *s*. Mais par la proprieté de l'ellipſe S J + J *s* eſt toujours égal a S H + H *s*, étant toujours égal à A P; il s'enſuit donc que S J + J *s* eſt plus grand que S M + M *s*; par où l'on voit que le point J eſt hors du cercle S H M *s*, & que par conſéquent l'angle S J *s* eſt moindre que S M *s*, ou que ſon égal S H *s*. Mais par la proprieté de l'ellipſe démontrée par tous ceux qui ont écrit ſur les Sections coniques. (voyez *Elementa Conicorum Ludov. Trevigar. Lib.* 2 *Prop.* 20.) les angles *s* J *g* & S J *t* ſont égaux, & [illegible] égal à S H T; & ce qui a été prouvé du point J, peut ſe prouver du point F, ou de tout autre point dans la demi-ellipſe A H P. Donc la vérité de la propoſition que j'ai avancée eſt démontrée.

8. [45 — *Les Cométes ſont des planétes qui ſe meuvent dans des orbites fort excentriques*, &c.] On a un grand détail des cométes, & de leurs mouvemens dans le Traité des Cométes du Docteur *Halley*, qu'il fit imprimer lui-même la premiere fois, & qui a été réimprimé à la fin de la Traduction *Angloiſe* de l'Aſtronomie du Docteur *Gregory*; comme auſſi dans le 3e Livre des *Principes* de *Newton*, depuis le commencement de la 39e *Propoſition*, juſqu'à la fin de la 42e où commence ſon *Scholie* général. Le Lecteur ſera parfaitement ſatisfait ſur les cométes, s'il conſulte ces Auteurs. Cependant il ne ſera pas hors de propos d'en donner ici un petit détail par maniere d'extrait.

Les cométes ſont une eſpece de planétes excentriques, qui ſe meuvent dans des ellipſes fort allongées autour du ſoleil placé dans l'un ces *foyers* de ces ellipſes; dont les révolutions périodiques renferment un ſi long eſpace de tems que le même homme n'a jamais pû voir encore la même cométe deux fois. De ſorte que l'Aſtronomie des cométes n'eſt que depuis

peu portée à une perfection tolérable, faute d'un nombre ſuffiſant d'obſervations : & les rapports qu'on nous en a fait des premiers ſiécles, ne viennent que des Hiſtoriens & non des Aſtronomes ; ceux-ci étant tout occupés de l'obſervation des planétes & des étoiles fixes, négligeoient les cométes qui paroiſſoient dans leurs tems, étant entraînés par l'opinion commune, que ce n'étoient que des météores proches de la terre, & qu'on ne devoit pas les compter parmi les corps celeſtes. Mais dans le dernier ſiécle, on trouva d'abord que les cométes étoient plus élevées que la lune, & que par conſéquent on devoit les ranger parmi les corps celeſtes, & pendant environ les 70 dernieres années, les Aſtronomes ont été fort exacts à obſerver celles qui ont paru. *Newton* a tiré de ſes propres obſervations, & de celles des autres, une méthode pour trouver, par le moyen ſeulement de trois obſervations d'une cométe, faites en différens tems, toute la partie de ſon orbite, où elle continuera de nous être viſible, & le Docteur *Halley* eſt le premier qui ait fait voir, que la même cométe revient après un certain nombre d'années, & que toute ſon orbite eſt elliptique. Nous ſommes inſtruits par les Aſtronomes & les Hiſtoriens de 25 apparitions de cométes dans ces 400 dernieres années, quoique les cométes qui appartiennent à notre ſyſtême, ſoient peut-être en moindre nombre ; parce que les mêmes cométes ont été vûes pluſieurs fois, mais on n'a pas ſçu que c'étoient les mêmes, juſqu'à ce que le Docteur *Halley* l'a prouvé & a déterminé les orbites de trois d'entr'elles ; en faiſant voir que la cométe qui parut en 1661, avoit été auparavant, & qu'on avoit obſervé qu'elle avoit ſuivi la même route en 1532 ; ce qui rend ſa période de 129 ans. La cométe qu'on a vû en 1680 & 1681, avoit paru auparavant en 1106, en ſorte que ſa période eſt d'environ 575 ans. Enfin la cométe de 1682. parut en 1607 & 1531, ce qui fait voir que ſa période n'eſt que de 75 ans. En ſorte que le nombre des cométes qui ont été vûes peut ſe réduire à 22. Et ſi, conformément aux conjectures de M. *Whiſton*, la cométe de 1682 p[illegible]ſſi en 1456, & celle de 1681 en 1532, comme auſſi 44 ans avant l'Ere chrétienne, comme *Newton* & le Docteur *Halley* l'ont découvert depuis, le nombre n'en ſera pas augmenté, parce que ces périodes ſont avant le tems de la premiere des 25. Et même nous ne pouvons pas dire, qu'il n'y en ait que 22, parce qu'on en a vû pluſieurs à une ſi grande diſtance de la terre, qu'elles ont échappé aux obſervations, comme l'auroit fait la derniere, ſi le Docteur *Paizley* ne l'avoit pas découverte par haſard en 1723. & s'il n'en avoit pas donné avis aux autres Aſtronomes, afin qu'ils puſſent auſſi l'obſerver.

Notes ſur la Ve. Leçon.

On compte que les cométes ne ſont pas plus petites que la lune, ni beaucoup plus grandes que *Venus* ; & les plus petites ſont celles qui s'approchent le plus du ſoleil, afin qu'elles n'agitent pas trop le ſoleil, lorſqu'elles s'en éloignent dans leur *perihelie*, & qu'elle ne troublent pas de même les planétes qui ſont proches du ſoleil. On voit qu'elles ne ſont pas fort grandes, en ce qu'elles ne ſont viſibles que lorſqu'elles arrivent plus près de nous que l'orbite de *Jupiter* ; car comme ce ſont des corps opaques, qui réflechiſſent la lumiere du ſoleil, on les auroit vûes auſſi loin que *Saturne*, ſi elles avoient été auſſi grandes.

Notes sur la Ve. Leçon.

Au lieu que toutes les planétes ont les plans de leurs orbites dans celui de l'écliptique ou fort près, le plus incliné ne formant avec elle qu'un angle de peu de degrés ; les cométes ont leurs orbites inclinées à l'écliptique par de très-grands angles, se mouvant vers toutes les parties du ciel. & par ce moyen elles sont moins sujettes à troubler les planétes, parce qu'elles ne reviennent que deux fois dans leur révolution au plan de l'écliptique, & lorqu'elles sont dans leurs *aphelies*, fort éloignées du soleil ; elles sont aussi fort éloignées les unes des autres, & par-là peu exposées à s'attirer l'une l'autre avec une force suffisante pour déranger sensiblement leurs orbites mutuelles ; car lorsqu'elles se meuvent fort lentement dans leurs *aphelies*, elles sont tirées aisément hors de leur route ordinaire.

Les cométes sont notablement moins denses que les planétes ; car si elles étoient aussi solides, elles n'auroient pas ces queuës, que l'on observe lorsqu'elles sont assez proches du soleil pour en être échauffées avec un degré de chaleur, un peu moindre que celui de la planete de *Mars* : ces queuës étant des vapeurs élevées de leur *noyau* ou globe, en sorte qu'elles forment une fort grande atmosphére, dont les particules étant poussées du côté qui est opposé au soleil, forment cette apparence qu'on appelle la *Queuë*, lorsqu'on la voit à angles droits ou sous un plus grand angle ; on la nomme *Barbe*, lorsqu'on la voit obliquement, & *Chevelure* lorsqu'on la voit à une si grande obliquité, qu'elle est presque dans la ligne de son axe, en sorte que la vapeur paroît environner la cométe comme une *Perruque* ou une *Tête à cheveux*. Et ces trois apparences viennent de différentes positions de la terre à l'égard de la cométe ; car une queuë de la même grandeur varie par raison d'optique selon la position de l'œil.

Mais alors la queuë en elle-même change continuellement ; car souvent la cométe commence à paroître sans aucune queuë sensible, & la queuë se forme par degrés & croît continuellement, à mesure que la cométe s'approche plus près du soleil ; la plus grande de toutes se voit lorsque la cométe vient de passer par le *perihelie*, ayant alors reçu son plus grand degré de chaleur.

Si les espaces celestes où les cométes se meuvent, n'étoient pas vuides de matiere, nous ne pourrions pas voir leurs queuës, parce qu'elles sont de beaucoup moins denses que notre air, puisqu'on peut voir clairement à travers les queuës les étoiles fixes. Comme nous voyons la lumiere du soleil réflechie par ces particules qui flottent dans l'air, lorsqu'un rayon du soleil de 1 ou 2 pouces de large entre dans une chambre obscure ; ainsi voyons-nous la lumiere des rayons du soleil qui nous est réflechie par les particules des queuës des cométes, parce qu'il n'y a point auprès d'elle d'autre matiere sensible : car s'il y avoit une matiere celeste tout autour, quoiqu'elle fût 50000 fois plus rare que notre air, elle réflechiroit assez la lumiere pour confondre celle qui est réflechie de la queuë de la cométe par un éclat qu'il seroit impossible de distinguer : de sorte que les cométes ne paroîtroient pas avoir aucune queuë, ou tout au plus elle seroit très-petite.

Les particules ou vapeurs qui forment la queuë paroissent être au commencement lancées par la cométe ; mais du côté qui est vers le soleil elles reviennent

reviennent en lignes paraboliques, en ſorte qu'elles prennent une route contraire, & qu'elles aident à augmenter la queuë du côté oppoſé au ſoleil, comme ſi les rayons du ſoleil leur donnoient une impulſion, & les pouſſoient de ce côté-là. La 12e *Figure* de la *Planche* 28. repréſente une cométe avec la partie inférieure de ſa queuë, telle que le Docteur *Hook* l'a obſervée ſoigneuſement avec un teleſcope auprès de ſon *perihelie*, avec la partie la plus pure de ſon atmoſphére, ſe tournant d'elle-même en queue, & ſa partie nebuleuſe placée tout autour du ſolide central. Mais comme la cométe de 1680 & 1681. fut la plus remarquable, & celle qui a été la plus exactement obſervée par *Newton* & par pluſieurs autres Aſtronomes, il ſuffit de rendre compte de celle-là & de la figure de la partie de ſon orbite, où elle nous a été viſible, telle que *Newton* l'a donnée dans la derniere édition de ſes *Principes*. Et pour en rendre mieux le ſens, je me ſervirai de ſes propres paroles, que je traduirai mot à mot.

Notes ſur la Ve. Leçon.

» J'ai donné (*Planche* 28. *Figure* 13.) une vraye repréſentation de l'orbite, » que cette cométe a décrit, & de la queuë qui en eſt ſortie en différens » points, dans la figure ci-jointe, qui eſt dans le plan de la trajectoire. Dans » cette figure A B C repréſente la trajectoire de la cométe, D le ſoleil, D E » l'axe de la trajectoire, D F la ligne des nœuds, G H l'interjection de » la ſphére de l'orbite de la terre avec le plan de la trajectoire, J le lieu » de la cométe *Novembre* 4. an. 1680, K le lieu de la même, *Novembre* 11, » L le lieu de la même, *Novembre* 19. M le lieu en *Decembre* 21, O en » *Decembre* 29, P en *Janvier* 5 ſuivant; Q, *Janvier* 25; R, *Février* 5; » S, *Février* 25; T, *Mars* 5; V en *Mars* 9. Pour déterminer la longueur » de la queuë, j'ai fait les obſervations ſuivantes.

» *Novembre* 4 & 6 la queuë ne paroiſſoit pas; *Novembre* 11 elle com- » mençoit à paroître, mais elle ne paroiſſoit pas plus longue d'un degré » par un teleſcope de 10 pieds; *Novembre* 17, *Ponthœus* vit la queuë » longue de 15 degrés, &c.

Enſuite *Newton* continue à rendre compte des obſervations que pluſieurs perſonnes avoient faites, & qu'il avoit fait lui-même de la queuë & de tous les changemens en augmentation & en diminution, telle qu'elle leur avoit paru en différens pays, & enſuite il ajoute:

» *Février* 25, la cométe étoit ſans queuë, & elle continua de même juſqu'à » ce qu'elle diſparut. Maintenant ſi l'on fait réflexion ſur l'orbite qu'elle a » décrite, & ſi l'on conſidére bien les autres apparences de cette cométe, » on ſera aiſément convaincu que les cométes ſont ſolides, compactes, » fixés & durables, comme les corps des planétes. Car ſi ce n'étoient que » les vapeurs des exhalaiſons de la terre, du ſoleil & des autres planétes, » cette cométe dans ſon paſſage au voiſinage du ſoleil, auroit été diſſipée » à l'inſtant. Car la chaleur du ſoleil eſt comme la denſité de ſes rayons; » c'eſt-à-dire, reciproquement comme les quarrés des diſtances de chaque » endroit au ſoleil. Donc puiſque le 8 *Decembre*, lorſque la cométe étoit » dans ſon *perihelie*, ſa diſtance au centre du ſoleil étoit à la diſtance de la » terre au ſoleil, comme environ 6 à 1000; la chaleur du ſoleil ſur la » cométe étoit alors à la chaleur du ſoleil d'été ſur nous, comme 1000000 » à 36 ou comme 28000 à 1. Mais la chaleur de l'eau bouillante eſt environ

Notes sur V. Leçon.

„ trois fois plus grande que celle que la terre aride prend du soleil d'été ,
„ comme je l'ai éprouvé ; & la chaleur du fer rouge au feu (si je ne me
„ trompe dans mes conjectures) est environ trois ou quatre fois plus grande
„ que celle de l'eau bouillante. Et par conséquent la chaleur que la terre
„ seche dans la cométe , pendant son *perihelie* , doit avoir pris des rayons
„ du soleil , étoit environ 2000 fois plus grande que la chaleur du fer rouge.
„ Mais par une chaleur si vive , les vapeurs & les exhalaisons , & toutes
„ les matieres volatiles auroient été dans un moment consumées &
„ dissipées.

» Cette cométe doit donc avoir reçu une chaleur immense du soleil , &
„ l'avoir conservée pendant un très long-tems. Car un globe de fer d'un
„ pouce de diamétre , rougi au feu & exposé à l'air , perd à peine sa
„ chaleur dans une heure de tems ; mais un plus grand globe la
„ retient plus long-tems à proportion de son diamétre , parce que sa sur-
„ face (à proportion de laquelle le globe se refroidit par l'attouchement
„ de l'air qui l'environne) est moindre en cette proportion , par rapport
„ à la quantité de la matiere chaude qu'elle renferme. Et par conséquent
„ un globe de fer rougi au feu , égal à notre terre , c'est-à-dire , d'environ
„ 40000000 pieds de diamétre , seroit à peine refroidi dans un nombre égal
„ de jours , ou dans plus de 50000 ans. Mais je soupçonne , que la durée
„ de la chaleur peut à raison de certaines causes cachées , augmenter dans
„ une proportion encore moindre que celle du diamétre , & je voudrois
„ bien qu'on en cherchât la vraye proportion par des expériences.

» Il est encore à observer que la cométe dans le mois de *Decembre* ,
„ précisément après avoir été échauffée par le soleil , jetta une fort longue
„ queuë , beaucoup plus brillante que dans le mois de Novembre d'*aupa-*
„ *ravant* , lorsqu'elle n'étoit pas encore arrivée à son *perihelie*. Et en général
„ les queuës les plus grandes & les plus brillantes s'élevent toujours des
„ cométes , immédiatement après qu'elles ont passé auprès du soleil. Donc
„ la chaleur reçue par la cométe contribue à la grandeur de la queuë.
„ De-là je crois qu'on peut conclure que la queuë n'est qu'une vapeur
„ très-subtile que la tête , ou le *noyau* de la cométe renvoye par sa
„ chaleur , &c.

Après cela notre incomparable Auteur rapporte trois opinions différentes sur les queuës des cométes ; en ayant refuté deux , il vient à prouver la troisiéme (qui est aussi la sienne) en ces termes.

» Les loix que les queuës observent sont une nouvelle preuve que les
„ queuës des cométes viennent de leurs têtes , & tendent vers le côté
„ opposé au soleil. Ainsi on voit qu'elles sont dans les plans des orbites des
„ cométes qui passent par le soleil , & qu'elles s'éloignent constamment
„ de l'opposition du soleil vers les parties que les têtes des cométes
„ abandonnent en s'avançant sur ces orbites : qu'elles paroissent à un
„ spectateur placé dans ces plans , dans les parties directement opposées
„ au soleil ; mais qu'à mesure que le spectateur s'éloigne de ces plans ,
„ leur deviation commence à devenir sensible , & qu'elle paroît tous les
„ jours plus grande que la deviation ; tout le reste étant égal paroît moin-
„ dre , lorsque la queuë est plus oblique à l'orbite de la cométe , aussi

„ bien que dans le tems où la tête de la cométe s'approche plus du ſoleil ; ſur-tout ſi l'on obſerve l'angle de deviation plus près de la tête de la cométe ; que les queuës qui n'ont point de deviation paroiſſent droites ; mais que celles qui en ont ſont recourbées ; que la courbure eſt plus grande, lorſque la deviation eſt plus grande, & qu'elle eſt plus ſenſible, lorſque la queuë, tout le reſte étant égal, eſt plus longue ; car dans les queuës plus courtes, la courbure s'aperçoit à peine ; que l'angle de deviation eſt moindre auprès de la tête de la cométe, mais plus grand vers l'autre extrémité de la queuë ; & cela parce que le côté convexe de la queuë regarde les parties d'où ſe fait la deviation, & qui ſont dans une ligne droite tirée du ſoleil à l'infini par la tête de la cométe ; & que les queuës qui ſont longues & larges, & qui brillent d'une lumiere plus forte, paroiſſent plus éclatantes & plus exactement terminées ſur le côté convexe que ſur le côté concave. Par où il eſt clair que les phénomenes de la queuë des cométes dépendent du mouvement de leurs têtes, & nullement des endroits du ciel où l'on obſerve leurs têtes ; & que par conſéquent les queuës des cométes ne viennent nullement de la refraction du ciel, mais de leurs propres têtes qui fourniſſent la matiere de leurs queuës. Car, dans notre air, la fumée d'un corps enflammé monte perpendiculairement, ſi le corps eſt en repos ou obliquement, ſi le corps ſe meut obliquement ; ainſi dans le ciel où tous les corps gravitent vers le ſoleil, la fumée & la vapeur doivent (comme nous l'avons déja dit) s'élever du ſoleil & monter perpendiculairement ; ſi le corps qui fume eſt en repos ; ou obliquement, ſi le corps dans toute la progreſſion de ſon mouvement, laiſſe toujours les endroits d'où les parties ſupérieures ou plus hautes de la vapeur ſe ſont élevées auparavant ; & cette obliquité ſera moindre, lorſque la vapeur monte avec plus de vîteſſe ; c'eſt-à-dire, au voiſinage du ſoleil & auprès du corps fumant. Mais comme cette obliquité varie, la colomne de vapeur doit ſe courber, & parce que [illegible] dans le côté qui précede eſt un peu plus recente, c'eſt-à-dire, qu'elle eſt ſortie un peu plus tard du corps, elle ſera un peu plus denſe de ce côté-là, & elle réflechira pour cette raiſon plus de lumiere qui ſera auſſi mieux terminée.

Notes ſur la Ve. Leçon.

Enſuite *Newton* faiſant voir combien notre air doit être rare à la diſtance d'un demi-diamétre de la terre depuis ſa ſurface, ſe ſert de cet argument pour démontrer qu'une très-petite quantité d'air & de vapeur, ſuffit abandamment pour produire toutes les apparences des queuës des cométes. Enſuite il en vient à faire voir » que l'on peut à fort peu près déterminer „ le tems employé pendant l'élevation de la vapeur depuis la tête de la „ cométe juſqu'à l'extrémité de la queuë, en tirant une ligne droite depuis „ l'extrémité de la queuë au ſoleil, & marquant le lieu où cette ligne „ droite coupe l'orbite de la cométe. Car la vapeur qui eſt maintenant à „ l'extrémité de la queuë, ſi elle étoit montée en ligne droite depuis le „ ſoleil, auroit commencé à s'élever de la tête au tems où la tête étoit „ dans le point d'interjection. Il eſt vrai que la vapeur ne s'éleve pas en „ ligne droite du ſoleil, mais conſervant le mouvement qu'elle a de la „ cométe avant que de monter, & le compoſant avec ſon mouvement d'éle-

Notes sur la Ve. Leçon.

„ vation, elle monte obliquement. Et par conſéquent la ſolution du problême „ ſera plus exacte, ſi l'on mene la ligne qui coupe l'orbite paralléle „ à la longueur de la queuë, ou plûtôt (à cauſe du mouvement curvi- „ ligne de la cométe) un peu divergente de la ligne ou la longueur de la „ queuë. Et par le moyen de ce principe, je trouve que la vapeur, qui „ *Janvier* 25 étoit à l'extrémité de la queuë, a commencé à s'élever de la „ tête avant *Decembre* 11, & par conſéquent qu'elle a employé dans toute „ ſon élevation 45 jours; mais que toute la queuë qui parut en *Decembre* „ 10, avoit achevé de monter dans leſpace de deux jours qui s'étoient „ alors écoulés depuis le tems que la cométe étoit dans ſon *perihelie*. La „ vapeur donc, vers le commencement & au voiſinage du ſoleil, s'éleva „ avec la plus grande vîteſſe, & enſuite elle continua de monter avec un „ mouvement conſtamment retardé par ſa propre peſanteur, & plus elle „ s'éleva, plus elle ajouta à la longueur de la queuë. Pendant que la queuë „ continua d'être viſible, elle fut compoſée de preſque toute la vapeur „ qui s'etoit élevée depuis le tems que la cométe étoit dans ſon *perihelie*; „ & la partie de vapeur qui s'étoit élevée la premiere, & qui avoit formé „ cette extrémité de la queuë, ne ceſſa de paroitre que lorſqu'elle fut à „ une trop grande diſtance, tant du ſoleil de qui elle recevoit ſa lumiere, „ que de nos yeux, ce qui la rendoit inviſible. De-là vient auſſi que les „ queuës des autres cométes qui ſont plus courtes, ne s'élevent pas de „ leurs têtes par un mouvement vif & continuel, & qu'elles diſparoiſſent „ bien-tôt après; mais ce ſont des colomnes fixes & permanentes de „ vapeurs & d'exhalaiſons, leſquelles s'élevant des têtes par un mouve- „ ment lent de pluſieurs jours, & participant au mouvement des têtes „ qu'elles ont eu depuis le commencement, continuent d'aller enſemble „ avec elles dans les cieux. De-là nous tirons encore une autre preuve „ que les eſpaces celeſtes ſont libres & ſans reſiſtance; puiſque non-ſeule- „ ment les corps ſolides des planétes & cométes, mais auſſi les vapeurs „ extrêmement rares des queuës des cométes, y conſervent leurs mouve- „ mens rapides avec une grande liberté & pendant un tems extrêmement „ long.

Enſuite ayant fait voir d'où vient que les queuës des cométes, lorſqu'elles ſont fort proches du ſoleil, s'élevent de leurs têtes à des hauteurs ſi pro- digieuſes, & n'abandonnent pas les têtes dans le mouvement des cométes, il pourſuit ainſi.

„ Les queuës donc qui s'élevent dans les poſitions du *perihelie* des „ cométes, s'avancent avec leurs têtes dans les parties les plus éloignées, & „ enſuite ou elles reviennent à nous avec leurs têtes, après une longue ſuite „ d'années, ou plûtôt elles ſe rarefient, & par degrés diſparoiſſent entiere- „ ment. Car dans la ſuite, lorſque les têtes redeſcendent vers le ſoleil, „ il ſort des têtes de nouvelles queuës courtes par un mouvement fort „ lent; ces queuës s'augmentent par degrés extrêmement, ſur-tout dans „ les cométes qui dans leurs diſtances au *perihelie*, deſcendent auſſi bas „ que l'atmoſphére du ſoleil. Car toute vapeur dans ces eſpaces libres eſt „ dans un état perpetuel de rarefaction & de dilatation. De-là vient que „ les queuës de toutes les cométes ſont plus larges à leur extrémité

Notes sur la Ve. Leçon.

„ ſupérieure, qu'auprès de leurs têtes. Et il n'eſt pas hors de vrai-ſemblance,
„ que cette vapeur ainſi rarefiée & dilatée continuellement, ſe diſſipe à
„ la fin, & ſe repand dans tout le ciel, où elle eſt peu à peu attirée vers
„ les planétes par ſa peſanteur, & mêlée avec leur atmoſphére. Car,
„ comme les mers ſont abſolument néceſſaires à la conſtitution de notre
„ terre, afin que le ſoleil par ſa chaleur en exhale une quantité ſuffiſante
„ de vapeurs qui forment des nuages, retombent en pluye pour humecter
„ la terre, & pour la production & la nourriture des vegetaux; ou qui
„ étant condenſées par le froid au haut des montagnes (comme quelques
„ Philoſophes le conjecturent avec raiſon) forment les ſources & les
„ rivieres; ainſi les cométes paroiſſent néceſſaires pour la conſervation
„ des mers & des fluides des planétes, afin de reparer continuellement
„ par leurs exhalaiſons & vapeurs condenſées, le défaut de fluide des
„ planétes, lequel a été employé à la vegetation & putrefaction, & qui
„ s'eſt changé en terre ſeche. Car tous les vegetaux tirent entierement des
„ fluides leur accroiſſement, & ils ſe changent dans la ſuite par la putre-
„ faction en terre aride, & l'on trouve toujours un limon au fond des
„ fluides putrifiés. De-là vient que le volume de la terre ſolide augmente
„ continuellement, & que les fluides s'ils ne reçoivent pas d'ailleurs une
„ augmentation, décroiſſent continuellement & ſe diſſipent entierement
„ à la fin. Je conjecture même que c'eſt principalement des cométes que
„ vient cet eſprit, qui eſt à la verité la plus petite, mais la plus ſubtile &
„ la plus utile partie de notre air, & qui eſt ſi néceſſaire pour entretenir
„ la vie de tous les animaux.

„ Les atmoſphéres des cométes lorſqu'elles deſcendent vers le ſoleil, en
„ ſe changeant en queuës, ſe diminuent & deviennent plus étroites au
„ moins du côté qui regarde le ſoleil, & lorſqu'elles s'éloignent du ſoleil,
„ où elles s'étendent moins en queuës, elles s'élargiſſent de nouveau ſi
„ *Hevelius* a bien remarqué leurs apparences. Mais elles ne ſ[illegible]
„ jamais plus petites que lorſqu'elles ont été beaucoup échauffées par le
„ ſoleil, & c'eſt pour cela qu'elles lancent alors les queuës les plus longues
„ & les plus brillantes, & peut-être qu'en même-tems leurs *noyaux* ſont
„ environnés d'une fumée plus denſe & plus noire dans les parties les plus
„ baſſes de leur atmoſphére. Car la fumée qui s'éleve par une grande & vive
„ chaleur eſt communément plus denſe & plus noire; ainſi la tête de la
„ comète que nous avons décrite, étant à égales diſtances, tant du ſoleil
„ que de la terre, parut plus noire après qu'elle eut paſſé par ſon *perihelie*,
„ qu'auparavant. Car dans le mois de *Decembre* on pouvoit ordinairement
„ la comparer avec les étoiles de la troiſiéme grandeur; mais en *Novembre*
„ elle étoit comparable à celles de la premiere ou de la ſeconde. Et ceux
„ qui ont vû les deux apparences, ont repréſenté la premiere comme étant
„ une autre cométe plus grande que la ſeconde.

Newton prouve cela par les obſervations de pluſieurs Aſtronomes, enſuite il donne un problême ſur la trajectoire de la cométe (auquel je renvoye le Lecteur Mathématicien & à tout ce que j'ai omis de *Newton* ſur cette matiere) avec pluſieurs tables d'obſervations des lieux des cométes, & à la fin il parle en général des cometes dans les termes ſuivans:

Notes sur la Ve. Leçon.

» A cause du grand nombre des cometes de la grande distance de leurs *aphelies* au soleil, & de la lenteur de leurs mouvemens dans les aphelies, elles doivent par leurs mutuelles gravitations se troubler les unes les autres ; de sorte que leurs excentricités & les tems de leurs révolutions seront quelquefois un peu augmentés & quelquefois diminués. Nous ne pouvons donc pas nous attendre que la même cométe revienne exactement dans la même orbite, & dans les mêmes tems périodiques. Il suffit que nous trouvions que les changemens ne sont pas plus grands que ceux qui peuvent resulter des causes dont on vient de parler.

» Par-là on peut donner la raison pourquoi les cométes ne sont pas comprises dans les limites du zodiaque comme les planétes, mais qu'elles s'en écartent & se dispersent dans le ciel par divers mouvemens ; c'est afin que dans leurs *aphelies* où leurs mouvemens sont extrêmement lents, en s'éloignant les unes des autres à de plus grandes distances, elles puissent être moins détournées par leurs gravitations mutuelles. Et de-là vient que les cométes qui descendent le plus bas, & par conséquent se meuvent le plus lentement dans leurs *aphelies*, doivent aussi monter le plus haut.

» La cométe qui parut en 1680. étoit dans son *perihelie* moins éloignée du soleil que la 6e partie de son diamétre, & à cause de son extrême vîtesse dans cette proximité du soleil & de quelque densité de l'atmosphére du soleil, elle doit avoir essuyé quelque resistance ou retardement ; & par conséquent étant attirée un peu plus près du soleil dans chaque révolution, elle tombera à la fin dans le corps du soleil Et même dans son *aphelie* où elle se meut le plus lentement, il peut arriver quelquefois qu'elle soit retardée par les attractions des autres cométes, & qu'en conséquence de ce retardement elle descende vers le soleil. Ainsi les étoiles fixes qui diminuent peu à peu par la lumiere & les vapeurs qui en sortent [illegible] un long-tems, peuvent être reparées par les cométes qui tombent sur elles, & par cette nouvelle nourriture ces anciennes étoiles acquerant une nouvelle splendeur, peuvent passer pour de nouvelles étoiles. De cette espece sont les étoiles fixes qui paroissent subitement, & qui ayant d'abord une lumiere très-brillante disparoissent ensuite peu à peu.

9. [49 — *L'action & la réaction sont égales & contraires aussi-bien dans les répulsions que dans les attractions.*] Ainsi la gravitation est égale entre la terre & ses parties ; car si l'on suppose la terre FEHJK (*Planche* 28. *Figure* 14.) divisée en deux parties égales, il est évident que ces deux parties viendront l'une contre l'autre avec des forces égales. Mais si elle est divisée en deux parties inégales, sçavoir EFG & EJG par un plan comme EG, elles graviteront alors aussi, ou presseront l'une vers l'autre avec des forces égales ; (voyez *Leçon* 1. n°. 11.) car si l'on coupe de la partie EJG, la petite partie HJK égale à EFG, alors la plus grande partie EGHK, devient l'obstacle que les deux quantités égales de matiere EFG & HJK pressent, pendant qu'il reste lui-même entr'elles en *équilibre*. Si l'on suppose que EFG soit séparé de EJG, ces parties tendant l'une

Planche 28. Figure 14.

vers l'autre par leur gravitation, la petite se portera d'autant plus vîte vers la grande, qu'elle a moins de matiere que n'en a la grande ; en sorte que le *momentum* étant égal dans les deux, elles resteront en repos en se rencontrant, chacune détruisant le mouvement de l'autre. Car si la grande avoit plus de force, elles s'éloigneront à l'infini, portant E F G avec elle dans la direction J F. NOTES sur la Ve. Leçon.

*Pour mieux éclaircir la Loi de l'*Action *&* *de la* Réaction, *je crois qu'il n'est pas hors de propos de donner à mon Lecteur le Problême suivant qui m'a été communiqué par un ami.*

PROBLÊME.

Trouver avec quelle force un canon fait bréche avec un boulet de 24 livres.

SELON *Mersenne* un canon de 24 livres de balle, pesant 6400 livres, donne à son boulet une vîtesse uniforme de 600 pieds de *Paris* dans une seconde, qui font 640 pieds d'*Angleterre*. Soit maintenant le poids du canon = c = 6400 livres, le poids du boulet = b = 24 livres, & la viteſſe uniforme que la poudre lui donne = V = 640 pieds par seconde, la vîtesse du canon = *u*. Les *momens* du canon & du boulet produits par la même force de poudre seront égaux. Donc $cu = bV$ par conséquent $6400 : 24 :: 640 : 2,4 = u$ = vîtesse du canon, s'il reculoit sur un plan horizontal parfaitement uni. Mais si le canon ne peut pas reculer, la force de la poudre n'agissant que par voye de pression, donnera au canon un choc avec une force qui est comme $15360 = 6400 \times 2,4$. Donc lorsque le canon recule, une partie de la force de la poudre est employée à lui donner une vîtesse de 2, 4 pieds par seconde, & la partie restante agit sur le canon par voye de pression. Si alors on veut trouver de combien toute la pression 15360 est diminuée, lorsque le recul est de 2, 4 p[illegible] seconde ; puisque toute la pression est à la pression partielle, comme toute la vîtesse est à la vîtesse & à la vîtesse partielle ; ces deux parties seront comme $640 - 2,4 :$ à $2,4$, ou comme $637,6 :$ à $2,4$, ou comme $797 : 3$. Il faut donc diviser 15360 en même proportion, faisant $797 : 3 :: 15360 - x : x$, par conséquent $797 + 3\ (800) : 3 :: 15360 : x = 57,6$, laquelle quantité étant ôtée de 15360, il restera une pression comme 15302, 4, lorsque le canon recule librement. Mais la plate-forme de la batterie n'étant pas parfaitement polie, & s'élevant pour l'ordinaire en arriere, le recul du canon qui dans ce cas est obligé de s'élever, sera si petit qu'on peut considerer à fort peu près toute la force de 15360 comme agissant sur le canon, & sur-tout ce qui l'empêche de reculer.

Maintenant comme il ne suffit pas de comparer les poids & les vîtesses du boulet & du canon (parce que la force qui est exprimée par le nombre 15360 auroit dû être exprimée par un autre nombre, comme par 184320, si nous avions pris 7680 pouces, au lieu de 640 pieds par seconde pour la vîtesse du boulet) il faut encore faire voir quel poids exprimé en nombre de livres pressant sur le canon, comme un poids placé dessus, est égal à la

Notes sur la Ve. Leçon.

force avec laquelle la poudre presse le canon en-dedans, à mesure qu'il chasse le boulet; ce qui se trouve en cette maniere. Supposons que la longueur du canon en-dedans soit de 12 pieds, & que la poudre à mesure qu'elle s'étend en s'allumant, chasse le boulet avec une vîtesse uniformément accelerée, de maniere que le boulet étant sorti du canon, se meuve par une vîtesse uniforme à raison de 24 pieds dans le même tems qu'il se mouvoit de 12 pieds par la vîtesse accelerée. Donc comme la balle par cette vîtesse uniforme décrit 640 pieds dans une seconde, elle n'employe que $\frac{1}{26\frac{2}{3}}$ d'une seconde à parcourir 24 pieds, & par conséquent elle n'employe que $\frac{1}{26\frac{2}{3}}$ à parcourir la longueur de l'intérieur du canon, puisque par les vîtesses accelerées les espaces parcourus sont comme les quarrés des tems, on aura $\overline{\frac{1}{26\frac{2}{3}}}^2$: est à $\overline{1 \text{ seconde}}^2$ ou $1 : \overline{26\frac{2}{3}}^2$ ($= 711\frac{1}{9}$) :: comme 12 pieds : à $8533\frac{1}{3}$ pieds que le boulet décriroit avec la vîtesse accelerée, qu'il a dans le canon. Si donc la pesanteur avec une force accelerée de 16 pieds dans une seconde, donne au boulet une force de 24 livres pesans, l'action de la poudre qui est capable de lui donner dans le même tems une vîtesse de $8533\frac{1}{3}$ pieds dans une seconde, doit lui donner un *momentum* ou une force contre le canon, égale à un poids de 12800 livres, parce que 16 pieds : sont à 24 livres : : comme $8533\frac{1}{3}$ pieds : à 12800 livres, puisque l'*action* & la *réaction* sont égales.

Si nous donnons au canon un recul sensible, l'effet de la pression de la poudre sera diminué par la même analogie, comme nous avons diminué le *momentum* dans la premiere consideration.

[71 — *Un pendule dont la longueur est de 39 pouces & 2 dixiémes; mesure d'Angleterre, forme une vibration dans une seconde de tems.*] Cette longueur (conformément à une mesure qui a été prise sur deux étalons de la verge d'Angleterre, l'un à *Guildhall*, & l'autre à l'*Eschiquier*) est trop grande; car 39, 13 pouces est la longueur du pendule à secondes qui a été trouvée, en comparant ensemble plusieurs expériences, dont aucune ne donne la longueur au-dessus de 39, 133, ni au-dessous de 39, 125. Mais j'ai fait usage de 39, 2 pouces, parce qu'on l'a comptée communément pour la vraye longueur, jusqu'aux expériences plus exactes qui ont été faites par M. *George Graham* & autres, dans ces 15 ou 20 dernieres années.

10. [71 — *Toute la courbe ainsi décrite se nomme cycloïde.*] Que la ligne BC (*Planche 29. Figure 1.*) représente une partie de la surface de la terre, sur laquelle une roue ou cercle générateur roulant décrit par un point de sa circonférence une cycloïde, comme nous l'avons fait voir; il est clair qu'une partie aussi petite de la surface de la terre, qu'une roue parcourt dans une révolution, peut se regarder comme un plan; & aussi que si le cercle générateur rouloit sous le côté de la ligne CB, il

Planche 29. figure 1.

décriroit

décriroit par un point de sa circonférence appliqué d'abord à une extrémité comme C, la même espece de courbe ou cycloïde C G B, comme s'il avoit roulé au-dessus de la ligne; laquelle courbe se termineroit en B, la base de la cycloïde C B étant égale à la circonférence du cercle generateur, & la courbe C G B égale à quatre fois le diamétre. Mais si le cercle generateur rouloit le long de la surface intérieure d'une sphére, comme du point *c* en *b*, au lieu de rouler de *c* en K le long d'une tangente égale longueur avec la courbe *c* A *b*, la cycloïde *c* G *b* sera une courbe moindre & plus courte, que si la base *c* A *b* avoit été droite, comme on peut le voir, en la comparant avec la cycloïde C G B, produite par le même cercle generateur. Celle-là se nomme épicycloïde. Si maintenant on suppose une grande rouë ou cercle generateur qui soit assez grand, pour que son diamétre ait une proportion sensible au diamétre de la terre, sa révolution sous la surface de la terre produira une pareille cycloïde, & si le cercle generateur est la moité aussi grand que le diamétre de la terre, comme le point $\varkappa\,\gamma$, le point $\varkappa$ par le roulement du cercle generateur le long de l'hemispére ou du demi cercle $\varkappa$ A B décrira un diamétre de la terre $\varkappa$ B; en sorte que la cycloïde deviendra une ligne droite. Or dans toutes ces épicycloïdes les vibrations d'un pendule ou d'un corps pesant qui fait ses oscillations de part ou d'autre du point du milieu G ou γ, &c. seront isochrones. Car quoique nous ayons fait voir que la raison pour laquelle un corps tombe plus vîte dans une cycloïde que dans un arc de cercle, ou dans une autre ligne oblique, étoit parce que le corps en étoit parti au commencement dans la direction où la gravité agit; & qu'ici les épicycloïdes étant moins courbes que la cycloïde ordinaire, on pourroit s'imaginer qu'elles devroient perdre cet avantage de la pente roide au commencement : cependant on peut faire voir que dans toutes les épicycloïdes supposées en-dedans de la terre, comme *c* G *b*, & même dans celle qui devient une ligne droite, comme $\varkappa$ B, les corps commencent leur mouvement dans la même direction que la pesanteur, dont l'action tend vers le centre γ; car en quelque endroit que le cercle generateur commence sa révolution, une ligne comme $\gamma\,c$ tirée du centre de la terre (où est dirigée la pesanteur) passera par le centre du cercle generateur & par le point décrivant : au lieu que dans la cycloïde ordinaire, nous appuyons nos démonstrations sur la supposition que les lignes où agit la pesanteur sont paralléles entr'elles; cette supposition étant fort convenable, lorsqu'on fait attention à la grande distance du centre de la terre où ces lignes sont convergentes.

Nous avons fait voir dans la onziéme *Note* sur la *Leçon* 1. comme une conséquence de l'attraction de la terre, selon sa quantité de matiere, que la force de l'action de la pesanteur est la plus grande à la surface de la terre, décroissant comme les quarrés des distances à son centre croissent, lorsque les corps s'éloignent en-dehors de plus en plus de la surface de la terre; & que si les corps étoient supposés s'approcher de plus près du centre, en-dedans de la terre, la force de la pesanteur agissant sur eux, viendroit à décroître directement comme la distance au centre. Si donc (en supposant la terre pénétrable) plusieurs corps, par exemple, quatre

NOTES sur la Ve. Leçon.

Notes sur la Ve. Leçon.

étoient placés, l'un à la surface en B (à environ 4000 milles de distance au centre γ), un autre en G (à 2500 milles de distance), un autre en H (à 2000 milles du centre), & le quatriéme en L (seulement à 1000 milles du centre) la force de la pesanteur agissant sur ces différens corps, pour les pousser au centre, seroit respectivement comme 4000, 2500, 2000 & 1000; c'est-à-dire, comme leurs distances à γ; & par conséquent s'ils partoient tous au même moment de tems, ils arriveroient aussi tous au centre au même instant; ensorte que s'il y avoit un trou à travers la terre le long de son diametre, comme B*x*, un corps tombant de B, qui selon le calcul de M. *Wisthons*, seroit arrivé de la surface au centre en 21 minutes & 9 secondes, iroit de B en *x* dans un tems double, & ainsi feroit ses vibrations en avant & en arriere, (ou plûtôt en haut & en bas) dans la ligne H J. *Si donc les vibrations* isochrones *dans un diametre de la terre, qui suivent de la supposition de l'attraction de la terre, étant proportionnelles à sa quantité de matiere, sont aussi une conséquence des vibrations* isochrones *des pendules dans une cycloïde, (qui ont été démontrées mathématiquement, & par expérience), il s'ensuit que cette supposition est vraie*, quoiqu'il y ait d'autres moyens de la prouver.

On a toujours regardé le problême de la détermination du centre d'oscillation, comme l'un des plus subtils de l'analyse moderne. Messieurs *Descartes*, *Roberval* & plusieurs autres, l'ont résolu. M. *Huygens* étoit fort jeune, lorsque le Pere *Mersenne* le lui proposa, comme il nous l'apprend lui-même dans son excellent Traité intitulé de *Horologio oscillatorio*, & c'est le premier qui a donné une regle generale pour trouver ce centre. Depuis ce tems-là presque tous les Mathématiciens ont donné d'autres démonstrations & d'autres analyses de la regle d'*Huygens*.

Celle que je vais donner ici est aisée, & à la portée de ceux qui ne sont pas exercés dans le calcul des fluxions & des fluentes.

Le *centre d'oscillation* d'un corps, est le point où se trouve réunie toute la force de ce corps, lorsqu'il est en mouvement, de la même maniere que le centre de gravité est le point où se trouve réunie toute la force d'un corps qui est en repos. Pour déterminer ce point, & pour en avoir une idée plus claire, nous supposerons plusieurs corpuscules égaux A, B, D, &c. joints ensemble de maniere que les uns ne peuvent pas se mouvoir sans les autres, tels que sont les atomes ou particules dont un corps solide est composé, lequel roule autour d'un axe d'oscillation horizontal ou perpendiculaire à ce papier, lorsque ce papier est dans une situation verticale. Supposons aussi que la force qui fait rouler ce corps, est la force naturelle de la pesanteur, ou quelque autre force qui lui soit imprimée, » Il est à » present question de trouver un point ou en-dedans ou en-dehors de ce » corps (ou de cet assemblage de particules) tel que si toute la matiere y » étoit concentrée, les vibrations de ce point s'acheveroient exactement » dans le même tems où se terminent actuellement celles du corps qui est » en mouvement », ou pour m'exprimer d'une autre maniere. » Il est ques- » tion de trouver la distance de l'axe d'oscillation, telle qu'un corpuscule » étant placé à cette distance, feroit ses vibrations en vertu de la vîtesse qui » lui seroit imprimée par la pesanteur ou par quelque autre force, dans le

» même tems que le corps en mouvement acheve les siennes.

Notes sur la V. Leçon.

Il faut remarquer d'abord, que quoique les points ou corpuscules A, B, D, &c. soient ici dans le même plan, on peut les concevoir comme étant dans des plans différens les uns des autres. Il suffit d'imaginer que les lignes C A, C B, C D, &c. représentent leurs distances à l'axe d'oscillation, quoique ces distances soient prises à différens points de l'axe, dont la section est représentée par C.

Soit G le centre commun de gravité du corps ou de l'assemblage des corpuscules, ou des points physiques A, B, D, &c. Il est certain en premier lieu, que le centre d'oscillation doit être dans C G prolongée de part ou d'autre, s'il en est besoin; sans quoi lorsque le corps est mis en repos par la résistance du fluide où il fait ses oscillations, & par le frottement que se fait aux environs du centre de suspension, il ne s'arrêteroit pas au point le plus bas de l'arc qu'il décrit. Il est aussi évident que ce centre d'oscillation doit être du même côté du centre de suspension que le centre de gravité, puisque sans cela il ne sçauroit rester en repos, ni être librement suspendu; ce qui arrive lorsque la ligne C G passe par ce centre d'oscillation, & par le centre de la terre, (ou plûtôt par le centre où tendent tous les corps pesans.) Supposons que ce centre requis d'oscillation soit en ⊙, sans déterminer encore si le point ⊙ est en-dedans ou en-dehors du corps. Il est évident que puisque les corpuscules sont joints ensemble, soit que par leur vibration ils décrivent de grands ou de petits arcs, leurs vîtesses seront toujours proportionnelles à leurs distances de l'axe de vibration, & par conséquent ces distances exprimeront leurs vîtesses dans tous les cas possibles. Ainsi le *momentum* ou la quantité de mouvement du corpuscule A, sera comme $CA \times A$; & par la même raison, celle de B, sera comme $CB \times B$, celle de D, comme $CD \times D$, & ainsi des autres, si l'on suppose un plus grand nombre de points ou de corpuscules.

Mais comme tous les *momens* agissent à différentes distances, il faut réduire leurs forces pour en connoître la somme, ou pour ainsi dire, les transporter les unes après les autres en un seul point, qui sera le point ⊙ requis (par la définition de ce point.) Ainsi puisque le *momentum* du corpuscule A agit à l'extrémité d'un bras de levier, tel que C A, ce *momentum* transporté en ⊙, c'est-à-dire, celui que l'on ressentiroit en ⊙, par le moyen de celui de A, qui agit en A, doit être le même que le *momentum*, qui seroit capable de faire équilibre avec celui de A. Or, il est clair par les Principes de la Méchanique, que ce *momentum* doit être à celui de A en raison réciproque de leurs leviers ou de leurs distances à l'axe. Il sera donc égal au quatriéme terme de cette analogie, $C\odot : CA :: CA \times A : \frac{CA^2 \times A}{C\odot}$. Par la même raison les momens des corpuscules B & D, &c. transportés en ⊙, seront $\frac{CB^2 \times B}{C\odot}$, & $\frac{CD^2 \times B}{C\odot}$ &c. & ainsi leur somme, ou les momens de toutes les particules A, B, D, &c. que l'on ressentira en ⊙, ou que l'on suppose y être transportés, seront

Notes sur la Ve. Leçon.

$\frac{CA^2 \times A + CB^2 \times B + CD^2 \times D}{C\odot}$, &c.

Cherchons maintenant quelle eſt la quantité de matiere, ou quel eſt le poids qui étant placé en ⊙ (& par conſéquent lorſque tout le corps eſt en mouvement, avec une vîteſſe proportionnelle à C ⊙) doit avoir autant de *momentum* ou de quantité de mouvement, qu'on en reſſent en ⊙ par l'action des momens des particules A, B, D, &c. & dont nous venons de trouver l'expreſſion. Il eſt certain que ſi G eſt le centre commun de gravité des corpuſcules, toute leur quantité de matiere, ou tout leur poids étant ſuppoſé concentré en G, avec la vîteſſe C G, aura le même *momentum*, ou un moment égal à la ſomme de ceux de tous les corpuſcules, & il n'eſt pas moins certain qu'une quantité de matiere ou de poids placée en ⊙, (qui auroit avec la vîteſſe C ⊙, le même *momentum* que toute la matiere en G avec la vîteſſe C G) doit être à la matiere concentrée en G, ou au poids de tout le corps, ou à l'aſſemblage des corpuſcules A, B, D, &c. en raiſon réciproque de leurs diſtances à l'axe d'oſcillation; ce qui donne pour l'expreſſion de ce poids, le quatriéme terme de cette analogie, C⊙ : CG :: A + B + D, &c. : $\frac{CG \times \overline{A + B + D}}{C\odot}$, &c. Donc ce poids multiplié par la vîteſſe qu'il a en ⊙ (qui eſt comme C ⊙) donne pour l'expreſſion du *momentum*, $CG \times \overline{A + B + D}$, lequel doit être préciſément égal à celui que nous avons conclu du premier raiſonnement, & ainſi nous avons deux expreſſions de la ſomme des momens que l'on reſſent en ⊙, & par conſéquent l'équation $CG \times \overline{A + B + D}$, &c. = $\frac{CA^2 \times A + CB^2 \times B + CD^2 \times B}{C\odot}$, &c. d'où l'on tire cette expreſſion

$$C\odot = \frac{CA^2 \times A + CB^2 \times B + CD^2 \times D, \text{ \&c.}}{CG \times \overline{A + B + D}, \text{ \&c.}}$$

On auroit pu trouver d'une autre maniere la diſtance C ⊙; car auſſitôt qu'on a trouvé le poids ou la quantité de matiere, qui étant placée en ⊙, a le même *momentum* avec la vîteſſe proportionnelle à C ⊙, que tous les corpuſcules A, B, D, &c. avec les vîteſſes reſpectives, ſçavoir, $\frac{CG \times A + B + D, \text{ \&c.}}{C\odot}$. Il ne faut que diviſer par ce poids ou quantité de matiere, l'expreſſion du *momentum* total qu'on reſſent en ⊙, & qu'on a déja trouvé, le quotient donnera la vîteſſe du point ⊙, ou plûtôt la diſtance C ⊙ de l'axe, puiſque les vîteſſes ont toujours été exprimées par les diſtances à l'axe; ce qui donne exactement la même expreſſion. Mais ſi au lieu d'une force quelconque, on ſuppoſe que la peſanteur donne le mouvement à ce corps, ou à cet aſſemblage de corpuſcules, il fera ſes vibrations comme s'il étoit totalement concentré ou réduit au point ⊙ ainſi que nous venons de le démontrer; c'eſt-à-dire, qu'un ſeul corpuſcule placé à une diſtance égale à C ⊙, fera ſes vibrations dans le même

tems que le corps fait les ſiennes, & par conſéquent le point ⊙ que l'on a trouvé par l'expreſſion précédente, eſt le vrai centre d'oſcillation. Donc en general, la diſtance du centre d'oſcillation à l'axe de vibration, eſt égale au produit de la ſomme des quarrés des diſtances de tous les points phyſiques du corps, multipliée par une très-petite portion de ce corps, telle que l'on conçoit être dans chaque point phyſique, & diviſée par le produit des poids, ou de la quantité de matiere du corps & de la diſtance du centre de gravité à l'axe de vibration.

Note [illegible] la V. Le[illegible]

SCHOLIE.

On a ſuppoſé dans cette démonſtration, que tous les poids ou que tous les corpuſcules étoient placés du même côté du centre de ſuſpenſion; mais la démonſtration ou ſa formule n'en eſt pas moins generale; car ſi l'on ſuppoſe les poids des deux côtés du centre de ſuſpenſion, plus la quantité des poids ou de la matiere de chaque côté de ce centre, approchera de l'égalité, & plus la diſtance C G de leur centre commun de gravité ſera petite; de ſorte que s'il y a autant de poids d'un côté que de l'autre, la diſtance C G ſera $= O$; & par conſéquent le dénominateur de l'expreſſion étant alors égal à o, la quantité C O, ou la diſtance du centre d'oſcillation ſera infiniment grande; ce qui s'accorde avec l'expérience, puiſqu'alors un corps ne ſçauroit faire aucune vibration, mais qu'il reſte dans toutes les poſitions où on le place autour de ſon centre de ſuſpenſion.

Il y a deux choſes à obſerver, qui nous ſont fournies par le cours de la démonſtration; la premiere eſt que la ſomme des momens de toutes les particules d'un corps, ou le moment qui agit, ou ſe fait ſentir au centre d'oſcillation, eſt égal à $CG \times A + B + D$, &c. c'eſt-à-dire, au poids du corps multiplié par la vîteſſe du centre de gravité; de ſorte que tous les momens agiſſent ou ſe font reſſentir au centre d'oſcillation, qui par conſéquent eſt auſſi le centre de *percuſſion*; c'eſt-à-dire, le point qui donneroit le plus grand coup poſſible; mais ce n'eſt que dans le cas où ce point ſeroit le centre d'oſcillation d'un corps qui frappe contre un obſtacle.

Une autre choſe à obſerver, eſt que les forces des corps égaux (telles que celles qu'on a ſuppoſées dans les corpuſcules A, B, D, &c. parce qu'elles ſont toutes réunies au point ⊙) ſont entr'elles comme les quarrés des diſtances à l'axe autour duquel ils ſe meuvent, ou ſont leurs vibrations. Ces deux dernieres remarques ſont d'un grand uſage dans le calcul des machines, ou de la force des corps qui ſe meuvent autour d'un centre.

Pour donner l'application de la regle que nous venons de démontrer, (qui eſt la même que celle d'*Huygens*) il nous faudroit entrer dans les ſubtilités de la théorie des fluxions & des fluentes; ce qui ne conviendroit pas ici, & ſeroit inutile à ceux qui ne ſont pas au fait de cette théorie. Il ſuffira de faire remarquer à ceux qui ſont initiés dans ce calcul, » que, » pour déterminer la diſtance du centre d'oſcillation à l'axe de vibration, » d'une maniere plus convenable, & même plus courte que celle qui a

Notes sur la Ve Leçon.

» étéemployée par M. *Huygens*, il faut commencer par les deux lemmes » ſuivans, ſçavoir, que dans un triangle rectangle, dont la baſe eſt hori- » zontale, & la perpendiculaire verticale (nommant b la baſe, & a la » perpendiculaire), la ſomme des quarrés de toutes les lignes qu'il eſt » poſſible de tirer ou d'imaginer du ſommet à la baſe, eſt préciſément » égale à cette expreſſion $aab + \frac{1}{3}bbb$.

» L'autre lemme abſolument néceſſaire pour trouver le centre d'oſcilla- » tion des ſphéres, ſphéroïdes, conoïdes, cylindres, cones, &c. (dont » quelques ſections ou la plû-part ſont des cercles) ſe réduit à ceci —. La » ſomme des quarrés des diſtances de tous les points d'un cercle à l'axe » d'oſcillation conçû dans un plan paralléle au plan de ce cercle (nom- » mant a la plus courte diſtance du centre du cercle à l'axe ; r le rayon » du cercle, & C la ſurface du cercle) ſera $aa + \frac{1}{4}rr \times C$.

Par le moyen de ces deux lemmes & de la théorie des fluxions & des fluentes, on trouvera la diſtance du centre d'oſcillation dans la ſphére, cylindre, &c. exactement la même qu'*Huygens* a donnée dans ſon Traité de *Horologio oſcillatorio*, où je renvois le Lecteur, s'il veut approfondir cette matiere. J'ajouterai ſeulement ici, que ſelon ces regles, le centre d'oſcillation d'une ſphére ſuſpendue par un point de ſa ſurface, eſt aux $\frac{5}{7}$ du rayon au-deſſous du centre de la ſphére, ou à $\frac{7}{10}$ du diametre depuis le centre de ſuſpenſion.

Si la balle ou la ſphére eſt attachée à un fil, on trouvera la diſtance de ſon vrai centre d'oſcillation dans tous les cas poſſibles, par le moyen de l'analogie ſuivante.

Comme la diſtance entre le point de ſuſpenſion & le centre de la balle :
eſt au rayon ou au demi-diametre de la balle : :
ainſi le même rayon eſt :
à une troiſiéme proportionnelle, qui ſera le quatriéme terme de l'analogie. [illegible] ce quatriéme terme, donneront la diſtance du centre d'oſcil- lation au-deſſous du centre de la balle, laquelle étant ajoutée à la diſ- tance de ce centre au point de ſuſpenſion, donnera la vraye longueur de ce pendule. Delà il ſuit que ſi le corps du pendule eſt fort petit par rap- port à la longueur du fil, ou ſi le fil eſt ſuppoſé très-long en comparaiſon du diametre de la balle du pendule, le centre d'oſcillation (en ce ſeul cas) ſe confondra avec le centre de gravité ou de grandeur de la ſphere ou de la balle.

On trouve par les mêmes regles, que ſi l'on fait rouler un cylindre autour de l'un des diametres de ſa baſe ſupérieure (nommant a la hau- teur ou longueur de l'axe du cylindre, & r le rayon du cercle de ſa baſe) la diſtance entre le centre du cercle ſupérieur, & le point de l'axe, qui eſt le centre d'oſcillation du cylindre, ſera $\frac{2}{3}a + \frac{rr}{2a}$; d'où il ſuit que ſi le cylindre eſt réduit à une ligne droite, en concevant ſon diametre ou ſon rayon $= o$, $\frac{rr}{2a}$ deviendra alors $= o$, & la diſtance du centre d'oſcilla- tion de cette ligne droite qui roule autour de l'un de ſes bouts, ſera aux $\frac{2}{3}$ de la longueur de cette ligne.

N. B. *Comme pluſieurs de ceux qui s'appliquent à cette ſorte de calcul, commencent par la lecture du Livre de M.* Carré, *intitulé* Methode pour la meſure des ſurfaces, *&c.* NOTES ſur la Ve Lecon.

JE dois les avertir que ce Livre eſt fort bon en toute autre matiere, excepté en ce qui concerne le centre d'oſcillation, que cet Auteur n'a déterminé avec exactitude, que dans les quatre premiers problémes de la quatriéme ſection, & ainſi ils ne doivent pas être ſurpris ſi M. *Carré* donne d'autres diſtances que celles qu'on trouve ailleurs (par exemple $\frac{6}{10}$ du diametre, ou $\frac{1}{5}$ du rayon au-deſſous du centre) pour la diſtance du centre d'oſcillation d'une ſphére ſuſpendue par un point de ſa ſurface; & $\frac{2}{3}$ de l'axe du cylindre comme de la ligne droite, ſans faire attention à ſon diametre; ce qui eſt contraire à l'expérience & aux démonſtrations, puiſqu'on voit aiſément que les cylindres de différens diametres & de hauteurs égales, ne ſçauroient avoir les mêmes vibrations, qu'une ligne droite ou un fil de fer très-mince de la même longueur. Ainſi les Lecteurs de M. *Carré* doivent s'arrêter après les quatre premiers problémes de la quatriéme ſection.

Je ne puis pas ici m'étendre davantage ſur cette matiere; j'ajouterai pourtant deux problémes que j'ai trouvé très-utiles en bien des occaſions. Ceux de mes Lecteurs qui ne ſont exercés que dans l'algébre commune, ſeront bien-aiſes de les trouver ici, & ceux qui ne pourront pas entrer dans ſes principes, pourront faire uſage des concluſions, ſans craindre de ſe tromper, parce qu'elles ne dépendent que de la regle de M. *Huygens*, qui a été démontrée ci-devant, & d'où nous avons tiré géométriquement ces conſéquences.

PROBLEME I.

La longueur d'un pendule priſe entre le centre de ſuſpenſion & le centre d'oſcillation, étant donnée, trouver la longueur que l'on doit fixer entre le point de ſuſpenſion & la ſurface de la balle (dont le diametre eſt donné) afin que le centre d'oſcillation de la balle, ſoit à la diſtance donnée du point de ſuſpenſion.

SOIT la longueur du pendule $= b$.

La longueur requiſe $= x$. Le rayon de la balle $= r$.

Il ſuit de ce que nous avons dit ci-devant, $r + x + \frac{2rr}{5x + 5r} = b$.

Donc $5xx + 10xr + 7rr = 5xb + 5rb$. D'où l'on tire, $5xx + 10xr - 5xb = 5rb - 7rr$, & diviſant par 5,

$xx \left\{ \begin{matrix} + 2r \\ - b \end{matrix} \right\} x = rb - \frac{7rr}{5}$, & ſubſtituant $-2c$ pour $2r - b$, & d pour $rb - \frac{7rr}{5}$, nous aurons

Notes sur le Ve. Leçon.

$xx - 2cx = d$, & $xx - 2cx + cc = d + cc$. D'où l'on tire, $x - c = \sqrt{d + cc}$ & $x = \sqrt{d + cc} + c$. Ce qu'il falloit trouver.

Ainsi pour trouver la longueur qu'il faut donner à un fil attaché à une balle d'un pouce de diamétre, afin qu'il puisse battre les demi secondes ; nous aurons $r = 0,5$. $b = 9,782$. $2r - b = -2c$, sera $= -8,782$. Donc $c = 4,391$, & $rb - \frac{7rr}{5}$ sera $= d = d = 4,541$, & x sera $= \sqrt{4,541 + 19,28881} + 4,391$, ce que vous trouverez égal à $9,271$ pouces pour la longueur requise.

En procedant de la même maniere pour une balle d'un demi pouce de diamétre, & pour lui faire battre les demi secondes, on trouvera tout égal excepté r, qui ne sera égal qu'à $0,2\frac{5}{10}$ pouces & la distance requise sera $= 9,1425$ pouces. Il est bon d'observer que si l'on fait usage d'un fil pour faire un pendule, les alterations de l'air changeront souvent la quantité x de la longueur du fil, si l'on ne la mesure pas souvent. Ainsi pour avoir dans la pratique un pendule qui batte exactement les demi secondes ou les quarts de secondes, il vaut mieux y employer une petite broche de fil de fer cylindrique passée à la filiere avec un petit trou en haut, afin qu'elle puisse faire ses vibrations sur un petit aissieu bien poli, & qui soit placé dans le diamétre de la base supérieure de ce cylindre. La longueur de cette broche comprise entre le milieu du trou en haut & le bas de la broche, se trouvera par le moyen du problême suivant.

PROBLÊME II.

Le diamétre ou le rayon d'une barre cylindrique étant donné, laquelle est supposée faire ses vibrations autour de l'un des diamétres de sa base superieure, trouver combien cette barre doit être longue, afin que le centre d'oscillation soit à la distance que l'on voudra du point de suspension.

Soit la longueur du pendule simple ou la distance du centre d'oscillation à celui de suspension, $= a$.

Le rayon de la barre cylindrique $= r$.

La longueur requise de la barre pour ce dessein $= x$.

On a déja dit dans ce cas $\frac{2x}{3} + \frac{rr}{2x} = a$. Donc $2 + \frac{3rr}{2x} = 3a$, & $4xx + 3rr = 6ax$, & par transposition $4xx - 6ax = -3rr$. Donc $xx - \frac{3}{2}ax = \frac{3}{4}rr$, & $xx = \frac{3a}{2}x + \frac{9aa}{16} = \frac{9aa}{16} - \frac{3}{4}rr$. D'où l'on tire $x - \frac{3}{4}a = \sqrt{\frac{9aa}{16} - \frac{3}{4}rr}$, & enfin $x = \sqrt{\frac{9aa}{16} - \frac{3}{4}rr} + \frac{3}{4}a$.

Supposons

Notes sur la Ve Leçon.

Supposons maintenant que l'on demande la longueur d'une barre cylindrique, dont le diamétre est $\frac{2}{10}$ d'un pouce, laquelle en faisant ses vibrations par l'un de ses bouts batte les demi secondes; c'est-à-dire, qu'ici $r = 0,1$ & $a = 9,782$ pouces. On aura donc $aa = 95,687,524$ pouces, $9aa = 861,87716$ pouces, & $\frac{9aa}{16} = 53,824232$ pouces, & $rr = 0,01$, & $\frac{3}{4}rr = 0,0075$. Donc $\sqrt{\frac{9aa}{16} - \frac{3}{4}rr} = \sqrt{\frac{53,7947}{53,816732}} = 7,308$. Donc $x = 7,308 + \frac{3}{4}a$, ou parce que $a = 9,782$, $\frac{3}{4}a = 7,3365$, & par conséquent selon l'expression précédente, $x = \sqrt{\frac{9aa}{16} - \frac{3}{4}rr} + \frac{3}{4}a$, la longueur requise sera $7,308 + 7,3365 = 14,6445$ pouces.

Si l'on demande la longueur d'un cylindre de même diamétre, qui étant suspendu par l'un de ses bouts batte les quarts de secondes, on aura $a = 2,4455$ pouces, $r = 0,1$ comme auparavant & $aa = 5,98047029$ pouces, & $9aa = 53,82423225$, $\frac{9aa}{16} = 3,36401451$, & $\frac{3}{4}rr = ,0075$. Donc $\sqrt{\frac{9aa}{16} - \frac{4}{3}rr} = \sqrt{3,35691451}$, qui est égal à $1,832$ pouces, lesquels étant ajoutez à $\frac{3}{4}a = 1,834125$, donnent pour la longueur requise de la barre qui bat les quarts de 3, 666225 pouces.

11. [371 — *La maniere de mesurer la moindre alteration dans les dimensions des métaux, en sorte qu'elle soit sensible.*] Le Docteur *Pierre van Muschembrock*, cet ingénieux Professeur d'Astronomie, &c. à *Utrrech*, a inventé une machine a ce dessein qu'il appelle un Pyromete, dont il donne la description en ces termes.

La 2e *Figure* de la *Planche* 29. représente toute la machine avec toutes ses parties jointes ensemble lorsqu'on en fait usage.

» AAA est un fer tourné en haut perpendiculairement à l'un de ses » bouts, lequel retour est de $1\frac{8}{10}$ pouces de hauteur. L'autre bout qui en » est éloigné de $4\frac{1}{4}$ pouces est aussi tourné en haut, mais ensuite il est » retourné en bas, de sorte qu'il forme une platine quarrée horizontale » plus large, le côté de ce quarré étant de 2 pouces. Le fer a 1 pouce de » largeur & $\frac{1}{10}$ d'un pouce d'épaisseur, cette épaisseur étant requise, afin » qu'il ne s'échauffe pas trop aisément ou trop vîte, ce qui empêcheroit » l'exactitude des expériences.

» Il y a sur la platine de fer une machine de cuivre, qui est tracée

(*) Notes sur la Ve. Leçon.

„ seule & plus en grand dans la *Figure* 3. & où on la voit d'un autre côté „ pour en mieux représenter les parties, qui pour cela sont marquées des „ mêmes lettres comme dans la *Figure* 2. Cette machine est attachée au fer „ par le moyen de deux vis x, x, qui en sont les jambe. D est une platine „ circulaire de 2 $\frac{1}{10}$ pouces de diamétre divisée en 300 parties égales, que „ nous n'avons pas toutes marquées dans la figure à cause de leur petitesse. „ Cette platine divisée est portée par quatre piliers E, E, E, E qui la lient „ à la platine inférieure de cuivre : entre ces deux platines, il y a un arbre „ ou aissieu F d'acier perpendiculaire, lequel a sur sa partie inferieure un „ pignon de 6 fuseaux ou dents, & sur sa partie supérieure une rouë de „ 60 dents marquée G. Il y a aussi un autre aissieu J H soutenu par un coq „ qui vient de la platine supérieure en bas, & cet aissieu avec son extrémité „ supérieure passe par cette platine superieure ; en sorte qu'elle reçoit „ l'aiguille ou *index* J K, ayant dans son extrémité inférieure un pignon „ de 6 fuseaux pour engrainer dans les dents de la rouë G. L'aiguille par un „ tour du pignon H parcourt toutes les divisions. Il y a outre cela un petit „ ratelier ou piece droite D avec des dents qui prennent les fuseaux du „ pignon F, pendant que le ratelier glisse sous les deux petits coqs P P, „ où il est pressé vers le pignon F, par le moyen de deux petites vis M, M, „ & d'où on le tire dans le besoin, afin que les dents puissent le prendre „ comme il faut sans le frapper ou sans être trop lâches. Les dents du „ ratelier sont au nombre de 25 dans un pouce, & comme il se meut en „ avant & en arriere, le pignon F tourne circulairement, & par conséquent la rouë G, qui fait tourner le pignon H, avec l'aiguille J K. „ Supposons que le ratelier ait parcouru la longueur d'un pouce, F & G „ auront fait quatre tours & $\frac{1}{6}$, & par conséquent le pignon H aura fait „ $10 \times 4\frac{1}{6}$, c'est-à-dire, $41\frac{2}{3}$ tours, parce que H fait dix tours pendant „ que G en fait un : de sorte que l'aiguille J K aura fait $41\frac{2}{3}$ tours ; & „ parce que la platine supérieure est divisée en 300 parties, l'aiguille aura „ parcouru les 300 divisions $41\frac{2}{3}$ fois ; c'est-à-dire, 12500 parties. Lorsque „ donc l'aiguille ne passe que d'une division à l'autre, le ratelier ne se „ meut que de la 12500e partie d'une pouce. Or puisque les divisions „ sont encore assez grandes pour observer le mouvement de l'aiguille à la „ moitié de l'une de ces divisions, on pourra s'appercevoir du mouvement „ du ratelier lorsqu'il aura parcouru $\frac{1}{25000}$ partie d'un pouce. On a pris „ soin de faire en sorte que les dents & les pivots pussent jouer assez „ exactement pour marcher librement, sans quoi les expériences ne sçauroient être exactes. Il y a une écrouë qui passe par la tête du ratelier.

„ La 4e *Figure* représente une barre quarrée ou parallélepipéde de „ métal, sur laquelle on a fait l'expérience, elle a $5\frac{8}{10}$ pouces de long „ & $\frac{3}{10}$ d'un pouce d'épais ; l'un de ses bouts O a une petite pointe, afin „ qu'elle ne puisse pas communiquer un degré de chaleur sensible au fer A A ; „ elle entre dans une rainure auprès de B, & elle est arrêtée par la vis C ; „ son autre bout N a un trou dans lequel entre la vis Q, qui l'attache „ au ratelier L ; mais on fait aussi ce bout petit (comme on le voit dans „ la figure) afin que la chaleur ne se communique pas au ratelier.

„ La barre étant ainsi fixée, ne peut pas devenir plus longue sans pousser

„ en avant le ratelier L, & ſans mouvoir par conſéquent l'aiguille JK, „ par le moyen de la rouë & des pignons F, G, H, & de même lorſqu'elle „ devient plus courte, elles doivent ſe mouvoir du côté oppoſé. Mais afin „ que le poids de la barre n'empêche pas le mouvement du ratelier, j'ai „ mis un reſſort de montre entre le fer quarré & les platines de cuivre E A, „ qui eſt préciſément de la force qu'il faut pour ſoutenir la barre ayant „ que ſa peſanteur la pouſſe en bas; en ſorte que le ratelier peut ſe mou- „ voir avec toute la liberté poſſible. Quelqu'inutile que cela puiſſe paroître, „ il eſt très-néceſſaire d'y être bien attentif & exact; car en faiſant des „ expériences avec des barres de différens métaux, j'ai été obligé de „ tirer ou de pouſſer mes reſſorts plus ou moins ſelon leurs différens „ poids. L'aiguille JK ſe meut ſi librement qu'on apperçoit ſon mouve- „ ment lorſqu'on a attaché une barre d'étain à la machine, & qu'on „ applique ſeulement la main chaude à la barre; car l'étain ne demande „ qu'un fort petit degré de chaleur pour alterer ſes dimenſions, comme „ cette expérience le prouve. Mais pour y appliquer plus de chaleur d'une „ maniere convenable, ſur-tout la flamme des eſprits ardens, on y a fait „ une boëte de cuivre (voyez *Figure* 5.) de $3\frac{1}{2}$ pouces de long, $1\frac{2}{10}$ „ pouces de large, & $4\frac{4}{10}$ pouces d'épais, qui eſt couverte en haut d'une „ pierre bleuë (capable de ſoutenir le feu, & nommée par les Hollandois „ *Lye*) laquelle eſt repréſentée dans la figure avec le côté inférieur „ tourné en haut S. Il étoit néceſſaire de faire ce couvercle de pierre, afin „ qu'il ne devînt pas trop chaud & qu'il n'allumât pas l'eſprit verſé dans „ la lampe, comme il arriveroit ſi le couvercle étoit de métal. Il eſt percé „ en long au milieu, & l'on fait entrer dans cette ouverture une platine „ de cuivre T qui eſt percée de 5 petits trous également éloignés à la „ diſtance de $\frac{65}{100}$ d'un pouce, & ayant $\frac{7}{100}$ pouces de diamétre, pour „ y faire paſſer les lumignons de la lampe. Cette lampe a quatre pieds VV „ qui tiennent ſerré le fer A entr'eux, afin que dans chaque [illegible] „ la flamme puiſſe exactement venir au milieu de la barre; mais le fond de „ la lampe ne doit pas toucher le fer, qui dans ce cas s'échaufferoit, & en „ s'allongeant troubleroit l'expérience: auſſi je ne l'ai jamais trouvé tiede „ dans aucune expérience. La diſtance entre le bas de la barre & la ſurface „ ſupérieure de la lampe, doit être d'un demi pouce, afin que les méches „ de coton qui s'élevent de $\frac{1}{10}$ d'un pouce puiſſent donner une flamme „ exacte & égale. Les fils de coton doivent être très-fins & unis, & cinq „ d'entr'eux tortillés enſemble doivent faire une méche d'environ $\frac{1}{100}$ d'un „ pouce de diamétre. J'ai eu une attention particuliere à toutes les cir- „ conſtances en faiſant des expériences avec cette machine, parce que la „ moindre omiſſion eſt capable de nous jetter dans de grandes erreurs: „ car ſi la méche eſt trop tirée en haut à travers le couvercle de la lampe, „ la flamme ſera trop grande, & l'on voit qu'il eſt néceſſaire de la tenir „ à la même hauteur: de même dans les expériences que l'on fait avec „ l'eſprit de vin bien rectifié, ſi l'on ne met pas toujours une égale quantité „ dans la lampe, la flamme s'en ira trop vîte ou trop lentement, & ainſi „ la chaleur variera; c'eſt pour cela que j'ai toujours eu ſoin de faire

NOTES [illegible] la Ve. L[illegible]

Notes sur la V. Leçon.

„ mes expériences avec la lampe à demi pleine d'esprit, ce qui m'a donné „ les meilleures flammes qui étoient d'une figure cylindrique, depuis la „ lampe jusqu'au métal qu'elles échauffoient; elles s'ouvroient seulement „ un peu au haut. Le diamétre de leur base étoit $\frac{25}{100}$ parties d'un pouce, „ & pour empêcher que le mouvement de l'air ou la respiration de la „ bouche ne fît mouvoir les flammes, je couvrois tout l'instrument d'un „ verre, excepté le cadran qui sortoit en haut au-dessus du verre pour „ mieux observer l'aiguille. Tout cela étant prêt, je me mis à examiner „ combien le fer, le cuivre, l'airain, l'étain & le plomb se dilatoient par „ une seule flamme, ensuite combien ils se dilatoient avec deux; ensuite „ avec trois, avec quatre, & enfin avec toutes les cinq flammes: j'exami- „ nai ensuite s'il y avoit quelque différence entre deux flammes allumées „ l'une auprès de l'autre ou plus éloignées.

„ Un jour qu'il commençoit à gêler, & que le Thermométre de *Farenheyt* „ étoit à 32 degrés par un vent d'oueſt, le tems étant couvert, & le mer- „ cure à $29\frac{4}{12}$, je plaçai ces métaux les uns auprès des autres sur une „ pierre pour pouvoir les refroidir également: ensuite je les appliquai „ successivement au Pyrométre, & ayant d'abord allumé une méche, „ j'observai leur dilatation: & ensuite les ayant tirés du *Pyrométre*, je les „ exposai au froid jusqu'à ce qu'ils fussent aussi froids qu'auparavant, & je „ les éprouvai sur le *Pyrométre* avec deux méches allumées, & ainsi de „ suite jusqu'à ce que j'eusse éprouvé l'effet des cinq méches. Pour abreger, „ j'ai réduit dans la Table suivante tous les effets que j'ai observés. Les „ degrés d'expension sont marqués en parties, dont chacune est $\frac{1}{12500}$ „ partie d'un pouce. Il faut observer sur l'étain qu'il se fond aisément, „ lorsqu'il est échauffé par deux flammes qui brûlent l'un auprès de l'autre; „ par conséquent on ne peut pas l'éprouver avec plus de deux flammes. Le „ plomb se fond communément avec trois flammes, qui sont proches l'une „ de l'autre, pourvû qu'elles brûlent long-tems.

Notes sur la Ve. Lecon.

TABLE

QUI fait voir combien les Métaux ſont dilatés par la chaleur des flammes de l'eſprit de vin en différens nombres, mais d'égale groſſeur.

Dilatation par une flamme au milieu.	Fer 80	Acier 85	Cuivre rouge 89	Laiton 110	Etain 153	Plomb 155
Par 2 flammes au milieu près l'une de l'autre.	117	123	155	220		274
Par 2 flammes 2 ½ diſtantes l'une de l'autre.	109	94	92	141	219	263
Par 3 flammes au milieu proches les unes des autres.	142	168	193	275		
Par 4 flammes au milieu proches les unes des autres.	211	270	270	361		
Par toutes les 5 flammes.	230	310	310	377		

» Ces expériences ont été repetées pluſieurs fois, & quoiqu'elles n'ayent
„ pas toujours produit parfaitement le même effet, cependant la difference
„ a toujours été moindre que cinq degrés; ce qui eſt ſi peu de choſe qu'il
„ ne vaut pas la peine d'y faire attention: & cela peut venir du jeu des dents
„ qu'on ne peut pas éviter dans ces expériences. Mais j'ai toujours pris la
„ valeur moyenne dans un grand nombre d'expériences.

» On voit par ces expériences au premier coup d'œil que le fer eſt
„ celui de tous ces métaux qui ſe dilate le moins, ſoit qu'il ſoit échauffé
„ avec une ou pluſieurs flammes: & par conſéquent c'eſt le plus propre à
„ faire les machines ou inſtrumens qui doivent être le moins alterés par le
„ chaud ou le froid.

» Il eſt donc très à propos de faire pour les horloges, les verges des
„ pendules de fer: celles d'acier ne ſont pas auſſi bonnes, & les plus
„ mauvaiſes ſont celles de cuivre; cependant on employe ſouvent celles-ci

Notes sur la Ve. Leçon.

„ parce qu'elles ne ſont pas ſi ſujettes à la rouille ; mais c'eſt fort mal-à-
„ propos. De même les meſures des aulnes ou pieds doivent être ordinai-
„ rement de fer, afin que leur longueur ſoit autant qu'il eſt poſſible la
„ même en été & en hyver.

„ 2°. La dilatation du plomb & de l'étain par une ſeule flamme eſt
„ preſque la même.

„ 3°. La même flamme dilate l'étain & le plomb preſqu'au double du
„ fer ; car leurs dilatations ſont comme 155 à 80 ; c'eſt-à-dire, à fort peu
„ près comme 2 à 1.

„ 4°. Les flammes qui ſont proches l'une de l'autre & qui agiſſent ſur
„ des verges de métal, cauſent une plus grande rarefaction, que lorſqu'il y
„ a un intervalle ſenſible entr'elles : car deux flammes voiſines étendent
„ le fer de 117 degrés, & deux ſéparées ne le dilatent que de 109 ; on
„ voit la même choſe dans tous les autres métaux.

„ Cela vient de ce que toutes les parties du feu ne montent pas direc-
„ tement & ne s'appliquent pas aux verges ; mais quelques-unes s'échap-
„ pent par les côtés de toutes les parties de la flamme. Or lorſque deux
„ flammes ſont à quelque diſtance l'une de l'autre, les particules latérales
„ du feu s'échappent des flammes, & n'agiſſent pas ſur les métaux ; au lieu
„ que lorſqu'elles ſont proches l'une de l'autre, les parties qui s'échappent
„ du côté d'une flamme qui regarde le côté de l'autre, ſont reflechies par
„ cette flamme comme par un *miroir* ; & revenant dans leur propre flamme,
„ elles ſont pouſſées en haut & entrent dans le métal, qui par ce moyen
„ recevant une plus grande quantité de feu, doit former un plus grand
„ volume.

„ 5°. Comparons maintenant enſemble les dilatations du même métal
„ produites par une, deux, ttois ou pluſieurs flammes : deux flammes
„ ne donnent pas le double de la dilatation d'une ſeule, ni trois flammes
„ le triple, mais elles donnent moins ; & les dilatations différent d'autant
„ plus de la raiſon du nombre des flammes qui agiſſent en même-tems. Je
„ donnerai dans la ſuite la démonſtration de ce *phénoméne ;* je ne vais
„ donner à preſent que les proportions des dilatations oppoſées, comme
„ on voit dans la petite Table ſuivante.

Dans le Fer.	*Dans l'Acier.*	*Dans le cuivre.*	*Dans le Laiton.*	*Dans le Plomb.*
80 : 117 :: 1 : 1 $\frac{17}{80}$	85 : 123 :: 1 : 1 $\frac{38}{85}$	89 : 155 :: 1 : 1 $\frac{66}{89}$	110 : 200 :: 1 : 1 $\frac{90}{110}$	153 : 263 :: 1 : 1 $\frac{110}{153}$
80 : 142 :: 1 : 1 $\frac{62}{80}$	85 : 168 :: 1 : 1 $\frac{83}{85}$	89 : 193 :: 1 : 2 $\frac{15}{89}$	110 : 275 :: 1 : 2 $\frac{55}{110}$	
80 : 211 :: 1 : 2 $\frac{51}{80}$	85 : 270 :: 1 : 3 $\frac{15}{85}$	89 : 270 :: 1 : 3 $\frac{51}{89}$	110 : 361 :: 1 : 3 $\frac{32}{110}$	
80 : 230 :: 1 : 2 $\frac{70}{80}$	85 : 310 :: 1 : 3 $\frac{55}{85}$	89 : 310 :: 1 : 3 $\frac{43}{89}$	110 : 377 :: 1 : 3 $\frac{49}{110}$	

„ 6°. Avant que les métaux ſoient venus du même degré de froid à être
„ fondus, ils ne ſe dilatent pas également ; mais quelques-uns ſe dilatent
„ plus, & d'autres moins. Car l'étain commence à ſe fondre lorſqu'il eſt
„ rarefié de 219 degrés : mais le laiton étant rarefié de 377 degrés, étoit

„ bien éloigné d'être rougi par le feu, & par conſéquent de ſe fondre, NOTES ſur
„ & le cuivre étoit dilaté de 310 degrés, tandis qu'il auroit peut-être dû la Ve. Lecon.
„ être rarefié au double avant que d'être fondu.

Ce que je viens de traduire du Docteur *Muſchenbroek* (voyez les notes de ſa traduction latine des Expériences de l'*Academie Delcimento*, Partie 2e. depuis la page 12. juſqu'à la page 18, &c.) ſert à faire voir quelques-uns des principaux uſages du *Pyrométre*, que j'ai perfectionné par le moyen des changemens ſuivans.

1°. A la place des verges quarrées de métal pour y faire les expériences, je me ſers de verges cylindriques, parce que je ſuis plus certain de les avoir toutes de la même grandeur, en les faiſant toutes paſſer par le même trou d'une forte platine d'acier, comme font ceux qui tirent les fils de fer : & par ce moyen je ſuis ſûr que les volumes des métaux comparés enſemble ſont égaux.

2°. A la place du pignon F, j'ai un petit rouleau d'acier parfaitement rond, mais qui n'eſt pas poli & limé ſur ſa ſurface dans la direction de ſon aiſſieu, en ſorte qu'on peut le regarder comme une petite rouë qui a un nombre infini de dents : la rouë G ſur le même aiſſieu n'a point de dents, mais ſeulement une rainure pour y recevoir une petite chaîne de montre (ou même un crin de cheval) pour faire mouvoir un rouleau en H, par une petite rainure portant ſur ſon aiſſieu l'aiguille fixée au plus haut en J.

3°. Afin que la chaîne par laquelle G entraîne H, ne ſoit ni trop lâche, ni trop ſerrée, tout le cadran (qui dans mon *pyrométre* eſt quarré,) & le coq & pignon H ſont pouſſés vers la rouë G, ou en ſont écartés par une vis attachée à la platine ſupérieure, laquelle reçoit les piliers & l'arbre de G, pendant que le cadran gliſſe ſur elle.

N. B. *Il n'y a point de pareille platine ſous le cadran du pyrométre de Muſchenbroek.*

4°. Au lieu du ratelier NL (*Figure* 2.) j'ai une longue platine mince d'acier, large d'environ $\frac{15}{100}$ d'un pouce, limée groſſierement, afin qu'elle mette en mouvement le premier rouleau F, en frottant contre lui. Elle eſt bien trempée & un peu courbée, en ſorte que ſon côté convexe porte contre F ; mais lorſqu'elle eſt attachée à la verge en N, il y a un reſſort fixé à la platine inférieure de cuivre, qui la tire droite & ſerrée par ſon extrémité L, dans la direction NL, & au lieu des coqs P, P (*Figure* 3.) il y a deux poulies placées horizontalement, dont les rainures larges & verticales reçoivent & dirigent la platine ou regle d'acier, qui tient la place du ratelier.

5°. Au lieu du reſſort de montre pour ſoutenir les barres, j'ai un petit rouleau de cuivre de $\frac{4}{10}$ d'un pouce de diamétre, dont l'aiſſieu eſt horizontal, & ce rouleau s'éleve de ſon piedeſtal, qui eſt fixé au fer en W, en ſorte qu'il vient ſous chaque verge de métal, & la ſoutient à ſon extrémité N.

NOTES sur la Ve. Leçon.

La 6e *Figure* repréſente la platine inférieure avec les alterations que j'y ai faites. B N eſt la verge ronde de metal qui doit être éprouvée avec la platine d'acier attachée en N, par le moyen de la cheville Q. Cette platine d'acier dont la ſituation naturelle eſt repréſentée par la ligne ponctuée N *l*, eſt ici forcée à la ligne droite N L, par le moyen du reſſort S L qui eſt accroché à ſon extrémité en L, en le tirant dans la direction N L, & qui eſt dirigée par les rainures des poulies P, P, en ſorte que ſon côté qui eſt porté à être convexe lorqu'il eſt en liberté, preſſe maintenant contre le rouleau H, qu'il fait tourner par ſon frottement à meſure qu'il s'approche vers L, ou qu'il s'en éloigne. Le cercle ponctué *g g* repréſente la rouë qui eſt au-deſſus ſur l'aiſſieu de H : *G i g*, la chaîne de montre qui entraîne le rouleau *i*, & l'aiguille *x i k*, comme dans le *Pyrométre* du Docteur *Muſchenbroek*. Le reſte eſt aiſé à comprendre par ce qui a été dit, & par la 2e *Figure*, qui repréſente le rouleau de cuivre qui ſupporte le métal qui s'éleve & s'abaiſſe en tournant circulairement la platine à vis *p p*.

N. B. *Il n'y a point d'inconvenient à ſe ſervir du crin de cheval, ſi l'on a ſoin de placer ſon nœud en* G ; *car comme le mouvement ſe fait dans la direction* G m g, *le nœud n'ira jamais juſqu'en* g, *& par conſéquent dans tout ſon mouvement, il portera également dans la rainure de la rouë* G.

En me ſervant de rouleaux, j'évite entierement dans mon *Pyrométre* la ſecouſſe des dents ; en ſorte que l'aiguille commence à ſe mouvoir au même moment que la chaleur eſt appliquée aux verges de métal, & ſi l'on en tire la flamme, au même inſtant l'aiguille commence à retourner, ce qui ne ſçauroit arriver lorſqu'il y a des dents.

Je parle du prompt retour lorſque la chaleur eſt éloignée. Je dois avouer cependant ſi l'on conſidere le mouvement de l'aiguille ſeulement d'un côté, lorſque la dent a une fois pris, & qu'elle commence à ſe mouvoir, elle doit marcher regulierement, & ainſi les expériences du Docteur *Muſchenbroek* peuvent dépendre de-là ; cependant je les réitererai avec mon *Pyrométre* à mon premier loiſir. Je dois auſſi pour rendre juſtice au Docteur avouer qu'il m'a témoigné dans l'une de ſes lettres, que s'il n'avoit pas perdu ſon Ouvrier, il auroit fait un nouveau Pyrométre ſans dents.

12. [76 — *Qui prétendent que la terre eſt un ſphéroïde allongée, comme un œuf, plus élevé aux poles qu'à l'équateur*, &c.] M. *Caſſini* dit que la terre eſt un ſphéroïde allongé, plus élevé aux poles qu'à l'équateur, faiſant ſon axe plus long que le diamétre de l'équateur d'environ 13 lieuës de *France*, ce qu'il tire de la comparaiſon des meſures de ſon pere du Meridien de *Paris* aux *Pyrenées* avec celles de M. *Picard*, dont on peut voir le détail dans les *Memoires* de l'Academie Royale des Sciences pour 1718. & ayant enſuite continué le Meridien qui paſſe par la *France* de *Paris* à *Dunkerque*, il en tire encore des conſéquences pour prouver que la terre eſt ſphéroïde allongée ; mais alors il conclut que l'axe ſurpaſſe le diamétre de l'équateur de 34 lieuës.

Pour

Pour prouver cela, M. Caſſini ſuppoſant que les meſures dont on vient de parler ſont aſſez exactes, non-ſeulement pour déterminer la grandeur d'un degré de la terre correſpondante à un degré d'un grand cercle du ciel ; mais encore pour le faire voir par la différence même des degrés de la terre, (trouvant que ceux qui ont été meſurés dans le *ſud* de la *France*, ſurpaſſent ceux du *Nord*, d'un certain nombre de toiſes & de pieds) il démontre que ſi les degrés de la terre ſont plus longs vers l'équateur que vers les poles, le plan du meridien doit être une ellipſe dont le grand axe eſt celui de la terre.

Notes, ſ. la Ve. Leçon.

La démonſtration de M. *Caſſini* eſt certainement bonne ; mais les meſures qu'il a priſes ne ſçauroient rien déterminer, dans l'état où ſont les choſes, ſur la différente longueur des degrés auſſi proches l'un de l'autre ; parce que comme la différence dans l'une des ſuppoſitions n'eſt que de 11 ou 12 toiſes, & dans l'autre d'environ 31 tout au plus, il faut prendre la latitude à un point d'exactitude qui ſurpaſſe la nature de tous les inſtrumens Aſtronomiques qu'on a fait juſqu'ici, & encore de ceux dont ces Meſſieurs ſe ſont ſervis dans la meſure de leur meridienne.

Car en premier lieu, l'inſtrument avec lequel ils ont obſervé la latitude aux deux extrémités de la meridienne, étoit un ſecteur de 10 pieds, où la 200e partie d'un pouce répond à 8 ſecondes d'un degré ; mais la 200e partie d'un pouce etant une partie des moins viſibles que l'on puiſſe appercevoir dans les diviſions d'une ligne, on ne peut pas prendre un angle plus approchant que de 8 ſecondes, & même leur inſtrument, ſelon la deſcription qu'ils en donnent eux-mêmes, n'étoit diviſé que de 20 en 20 ſecondes. Ils avouent que 16 toiſes ſur la ſurface de la terre répondent à 1 ſeconde dans le ciel ; & ils ne prétendent pas avoir pris aucune obſervation plus approchante que environ 3 ſecondes, qui par conſéquent ne ſçauroit déterminer une différence moindre que 48 toiſes ; au lieu qu'on ſuppoſe que les degrés ne décroiſſent (tout au plus) que de 31 toiſes chacun depuis *Collioure* (la partie la plus ſud de leur meridienne) juſqu'à *Dunkerque*. Mais une erreur de 8 ſecondes auroit produit une différence de 128 toiſes ſur la terre plus de 10 fois plus grande que la différence des degrés dans la premiere ſuppoſition, & 4 fois plus grande que cette différence dans la 2e ſuppoſition. Outre cela la latitude n'a pas été obſervée dans les lieux intermediaires entre *Paris* & *Collioure* avec l'inſtrument dont on a parlé de 10 pieds de *rayon*, mais ſeulement avec un quart de cercle qui n'avoit que 39 pouces de *rayon*, & quelquefois avec un octant de 3 pieds de *rayon*. Et même ils diſent eux-mêmes dans leur Memoire que ce n'eſt pas par les obſervations faites aux extrémités de la méridienne que l'on doit conclure la différence de la longueur d'un degré, mais par les hauteurs qu'on a priſes en différens endroits entre ces extrémités ; & ſi nous leur accordons qu'on peut prendre très-bien un angle à 4 ou 5 ſecondes près avec le plus grand inſtrument, ils ne pourront approcher que de 12 ou 15 ſecondes avec le quart de cercle ou l'octant, qui eſt à quoi il faut ſe borner pour la différence de la meſure des degrés. De ſorte qu'il a fallu déterminer une longueur de 31 toiſes avec un inſtrument capable de s'écarter de plus de 200.

Notes sur 2e. Leçon.

Et dans le fond en examinant de près le détail des mesures des degrés, j'y trouve plusieurs erreurs & incompatibilités, sur-tout dans la mesure de la hauteur des montagnes, où l'on a fait neuf observations du Baromètre pour la mesurer dans le sud de la *France*, que l'on dit être confirmées par les mesures trigonométriques, se contrariant tellement les unes avec les autres, qu'elles ne déterminent tout-à-fait rien, & même la conclusion que les degrés de la terre croissent en allant vers l'équateur, n'est tirée que de quelques observations choisies ; car si on les avoit toutes comparées ensemble, il en seroit resulté que les degrés croissent en allant vers le Nord.

Mais en faisant abstraction des observations, l'ingenieux M. de *Mairan* a tâché de prouver que dans un sphéroïde allongé, les pendules doivent être plus courts pour battre les secondes à l'équateur que dans les grandes latitudes ; mais on ne lui accorde pas les principes qu'il suppose, & quand on les lui accorderoit, il s'ensuivroit qu'un pendule qui bat les secondes à *Paris*, doit être racourci d'un pouce pour lui faire battre les secondes à l'équateur ; au lieu que le fait est que ces pendules portés de *Paris* à l'équateur, ne doivent être racourcis que de $\frac{1}{10}$ d'un pouce. Ainsi M. de *Mairan* en prouvant trop de beaucoup, ne prouve tout-à-fait rien. Ceux qui sont curieux de sçavoir tout ce qui a rapport à cette dispute, peuvent consulter les *Transactions Philosophiques*, N°. 386, 387, 388 & 389, dans lesquelles je crois avoir bien prouvé la figure applatie de la terre selon Newton, & avoir démontré l'impossibilité du sphéroïde allongé.

N. B. *Il y a quelques fautes d'impression dans ma seconde Dissertation qui ont été corrigées dans le dernier Abregé des* Transactions, *par Mrs* Reides & Gray.

FIN.

Pour me rendre aux prieres de quelques amis, je joins ici une courte deſcription de mon Planetaire, *qui eſt un inſtrument que j'ai fait depuis peu, pour repréſenter le mouvement des corps céleſtes.*

DESCRIPTION DU PLANETAIRE.

LES machines pour repréſenter les mouvemens & apparences des corps céleſtes, ont été avec raiſon eſtimées dans tous les ſiécles, ſurtout depuis que le ſyſtême de Copernic a été reçû generalement, non-ſeulement comme l'hypothéſe la plus probable, mais encore comme ayant été prouvé par Newton par les loix de la peſanteur, que c'eſt le vrai ſyſtême du monde; * c'eſt au moins le ſyſtême de toute la partie de l'Univers qui a relation avec nous, Habitans de la terre; c'eſt-à-dire, autant que nous pouvons en découvrir non-ſeulement par nos yeux, mais encore par les teleſcopes.

Par le moyen de ces machines, un grand nombre de perſonnes qui n'ont pas le tems de s'appliquer à l'étude de l'Aſtronomie, & qui ſouhaitent cependant d'avoir une connoiſſance des apparences céleſtes, peuvent dans peu de jours acquerir cette connoiſſance, & ſurtout ſe guerir des préjugés ordinaires contre le mouvement de la terre.

Lorſque les Aſtronomes, qui étoient exercés dans la Méchanique, ont fait ou inventé ces ſortes de mouvemens, ils ſont venu à bout de ce qu'ils ſe propoſoient, en faiſant voir tout ce qu'ils prétendoient repréſenter par leurs machines; mais lorſque les Faiſeurs d'inſtrumens de Mathématique, ſans une connoiſſance ſuffiſante de l'Aſtronomie, ou ſans avoir conſulté des perſonnes habiles, ont fait mal-à-propos des additions aux machines qui avoient été inventées par des Aſtronomes (ſous prétexte de vouloir les perfectionner) uniquement pour les rendre pompeuſes & dispendieuſes, ils ont détruit la vraye intention des premiers Inventeurs, & les Acheteurs ont payé cher de fauſſes notions d'Aſtronomie.

M. *Georges Graham* (ſi je ſuis bien informé) eſt le premier Anglois qui ait fait une machine pour repréſenter le mouvement de la lune autour de la terre, & de la terre avec la lune autour du ſoleil, il y a environ vingt-cinq ou trente ans. Tout ce qui paroiſſoit dans cette machine étoit bien & parfaitement exécuté. Comme les phénoménes du jour & de la nuit, & leur augmentation & décroiſſement par dégrés, ſelon les ſaiſons, les Pays de la terre où le ſoleil eſt ſucceſſivement vertical, & paroît décrire ſes paralléles, le mouvement réel & annuel de la terre, qui donne au ſoleil un mouvement apparent annuel, la rotation du ſoleil autour de ſon axe, le mois périodique & ſynodique, le jour ſolaire & des étoiles, l'illumination ſucceſſive de toutes les parties de la lune, &c. Cette machine étant entre les mains d'un Faiſeur d'inſtrumens pour être envoyée avec quelques-uns de ſes propres inſtrumens au Prince *Eugene*, il la copia, & fit la premiere pour le

* Je ne dois pas oublier que l'ingénieux M. *Jacques Bradley*, Profeſſeur d'Aſtronomie à *Oxford*, l'a auſſi démontré en dernier lieu par des Obſervations aſtronomiques.

NOTES sur la Ve Leçon.

feu Comte d'*Orrery*, & enſuite pluſieurs autres, avec des additions de ſon invention. Le Sieur *Richard Steele*, qui n'avoit aucune connoiſſance de la machine de M. *Graham*, croyant rendre juſtice dans un de ſes Ouvrages, au premier qui l'avoit fait conſtruire, auſſi-bien qu'à l'Inventeur d'un inſtrument auſſi curieux, le nomma un *Orrerie*, & attribua au Sieur *J. Rowley*, la gloire qui étoit dûe à M. *Graham*.

Depuis ce tems-là les *orreries* ont été fort en vogue & exécutées avec beaucoup d'ornemens, d'abord par le Sieur *Rowley*, & enſuite par d'autres Faiſeurs d'inſtrumens; mais l'addition des autres planétes & des ſatellites, que les Ignorans ont regardé comme une perfection, ne donne que des idées confuſes & fauſſes, quant aux diſtances & aux proportions de la grandeur de ces corps; ce qui arrivera toujours, tant qu'on placera dans la même machine l'orbite de la lune autour de la terre, avec les planétes principales & ſecondaires. Le ſyſtême general (où notre terre n'occupe qu'une petite partie) doit être repréſenté par lui-même. Le ſoleil, la lune & la terre, doivent auſſi être repréſentés ſéparément, & le ſyſtême d'une planéte principale (comme jupiter par exemple) avec ſes ſatellites dans leur vraye proportion de grandeurs & de diſtances, doit être repréſenté ſéparément.

Ces conſidérations (& le déſir de donner une vraye notion des *phénoménes* céleſtes de la maniere la plus claire & la plus expéditive, aux perſonnes qui me font l'honneur d'aſſiſter à mes Cours de Phyſique Expérimentale), m'ont porté à imaginer & à conſtruire un mouvement avec toutes les qualités requiſes ci-devant, pour pouvoir montrer dans la vraye proportion tout ce qui ſe peut repréſenter dans une machine céleſte.

Je l'ai compoſée de pluſieurs parties que l'on peut mettre l'une ſur l'autre, & ſéparer ſucceſſivement, & je l'ai nommée *Planetaire*. Je vais en donner la deſcription; mais avant que d'entrer en matiere, je prie le Lecteur de jetter les yeux ſur la trentiéme *Planche*, qui contient la Figure abrégée du ſyſtême ſolaire de M. *Whiſton*, & qui le mettra au fait des diſtances moyennes, grandeurs, periodes, quantités de matiere, révolutions autour des axes, denſités & vîteſſes moyennes dans leurs orbites, pour toutes les planétes principales & ſecondaires, avec les orbites de différentes cométes, & les periodes de trois d'entr'elles. Je ferai ſeulement quelques remarques ſur cette figure, ſans leſquelles on riſqueroit de tomber dans l'erreur.

1. QUOIQUE la diſtance des planétes au ſoleil y ſoit marquée en milles, il ne faut pas s'imaginer que l'on puiſſe meſurer leurs diſtances juſqu'à la préziſion de quelques milles, comme on peut réellement meſurer la diſtance de la lune, parce que le demi-diametre de la terre (dont on connoît la quantité en milles), étant environ $\frac{1}{16}$ de la diſtance de la lune, eſt une meſure ſuffiſante pour cette diſtance; au lieu que c'eſt à peine la vingt milliéme partie de la diſtance du ſoleil, & que par conſéquent elle ne ſuffit pas pour la meſurer. Il y a à la vérité d'autres méthodes pour parvenir à connoître la diſtance du ſoleil, comme par la parallaxe de Mars; mais aucune ne peut nous aſſurer d'un million de milles. Nous

resterons dans cette incertitude jusqu'au passage prochain de *Venus* dans le disque du soleil, le 26 May de l'année 1761. Nous pourrons alors en observant ce passage, trouver la distance du soleil jusqu'à une 500e partie de la distance totale, comme le Docteur *Halley* l'a fait voir dans les Transactions Phylosophiques, N°. 348. p. 454. & même cet avantage nous approchera de la vérité à 15 ou 16000 milles près. Nous connoissons cependant la grandeur & les distances proportionnelles des corps qui roulent autour du soleil ; c'est-à-dire, que si la distance du soleil est, comme on la suppose ici, de 81 millions de milles, toutes les autres distances seront justes, aussi-bien que les diametres. On connoît ces distances en diametres du soleil, qui est la maniere dont la plû-part des Astronomes les expriment ; car de quelque maniere qu'on vienne à les connoître, tout le reste sera connu, & par conséquent on pourra représenter leurs proportions respectives, qui peuvent se représenter par des figures & par des machines, mais non pas exactement la proportion qu'elles ont avec la lune & la terre.

NOTES sur la Ve. Lecon.

2. *Venus* est ici supposée tourner sur son axe en 20 heures ; mais depuis que M. *Whiston* a publié sa figure, M. *Bianchini* a observé qu'elle faisoit sa révolution autour de son axe en 24 jours & 8 heures, & que cet axe étoit incliné au plan de son orbite sous un angle de 13 dégrés.

3. LA vîtesse de la lune dans son orbite, qui est la seule planéte dont on connoisse la vîtesse réelle, n'a pas été marquée ici. Elle parcourt 2300 milles par heure. Les autres planétes ne parcourent dans une heure que les milles marqués ici, en supposant le soleil éloigné de la terre de 81 millions de milles.

Pour donner une idée plus aisée des distances & diametres de ces corps, nous prendrons leurs distances moyennes en nombres ronds ; & supposant la distance de la terre au soleil, divisée en 10 parties, Mercure sera éloigné du soleil de 4 de ces parties, Venus de 7, Mars de 15, Jupiter 52, & Saturne 95. Si nous appellons le diametre du soleil 100, celui de ♄ sera $7\frac{5}{10}$; de ♅ 10 ; de ♂ $\frac{55}{100}$; de ☉ 1, de ♀ 1, de ☿ $\frac{54}{100}$ & de la lune $\frac{285}{1000}$; & l'on conjecture que les satellites de ♅ & ♄ sont environ aussi gros que notre terre.

4. QUOIQUE la différente courbure des parties des ellipses, où les planétes se meuvent, ne soit pas assez sensible pour être exprimée, même dans une grande figure, cependant il a fallu exprimer leurs excentricités, & l'on a omis, pour éviter la confusion, celle des orbites des cométes. Les excentricités des planétes peuvent s'exprimer en supposant la ligne de la distance moyenne de chacune, divisée en 1000 parties égales, & alors les excentricités seront les nombres suivans de ces parties.

Notes sur la Ve. Lecon.

imaginons la distance de

Saturne	égales	1000	55	L'excentricité de la lune est $\frac{55}{1000}$ parties de sa distance à la terre.
Jupiter	parties	1000	48	
Mars	divisée en	1000	93	
la Terre	leur excentricité est	1000	17	
Venus	de ces parties	1000	7	
Mercure		1000	210	

LE PLANETAIRE. (*Planche* 31.)

Est fixé dans une boëte d'ébéne d'environ six pouces de haut, & 3 pieds de diametre, terminée par 12 plans verticaux, sur lesquels sont représentés les 12 signes du Zodiaque. La surface supérieure est une plaque de cuivre poli, & sur sa circonférence extérieure sont placés à vis six piliers de cuivre qui portent un grand anneau plat d'argent, représentant l'écliptique avec différens cercles qui y sont placés. Les trois intérieurs sont divisés en 12 parties pour les signes du Zodiaque, dont chacun est divisé en 30 dégrés, & parmi ces dégrés on a gravé dans les endroits convenables, les *nœuds*, les *aphelies*, & les plus grandes latitudes nord & sud des planétes. Entre les deux cercles suivans, sont marqués les points cardinaux. Les trois cercles qui suivent ont les mois & les jours des mois, selon l'ancien Calendrier, & ils sont gravés dans les trois autres selon le Calendrier *Gregorien*. Mais dans la *Planche* 31. je n'ai pas marqué l'ancien Calendrier *Julien*, comme dans la trente-deuxiéme j'ai omis le Calendrier Gregorien. Sur la surface de cuivre de la machine, on a gradué des cercles d'argent, qui portent les planétes (représentées par des balles d'argent) sur des arbres ou tiges qui les élevent à la hauteur du plan de l'écliptique; & en tournant le manche du Planetaire, toutes les planétes se meuvent dans leurs distances proportionnelles à une petite balle dorée qui est au milieu, pour représenter le soleil, & elles font leurs révolutions selon leurs tems périodiques. On y a fixé des aiguilles d'acier bleuës, pour marquer les longitudes des planétes, en pointant aux divisions des anneaux ou cercles d'argent, à mesure qu'elles se meuvent circulairement. Mais comme ces cercles étant concentriques, ne donnent que les distances moyennes, les vrayes orbites selon leurs excentricités sont gravées en-dehors de chaque cercle, avec les tems périodiques tirés des tables, pour faire voir les révolutions plus approchantes qu'on ne peut les former par aucune machine. Les *nœuds* & les *aphelies*, avec les points des plus grandes latitudes nord & sud, sont marqués sur ces orbites. Comme les distances sont dans leurs vrayes proportions l'une à l'autre, ainsi les corps des planétes sont aussi dans leurs justes proportions les uns aux autres. Mais on ne doit pas s'attendre que les diametres des planétes soient en proportion avec les diametres de leurs orbites; car si l'on prenoit Jupiter de trois pouces de diametre, & la terre un peu plus d'un quart de pouce, comme dans ma machine, il faudroit que le systême fût

de la grandeur d'un mille & $\frac{1}{3}$, l'orbite de Saturne d'environ 9000 pieds de diametre, & ainſi des autres ; & ſi l'on vouloit faire convenir les corps à la machine telle qu'elle eſt, il faudroit qu'ils fuſſent 3000 fois plus petits, ce qui les rendroit tous inviſibles, excepté le ſoleil, qui ſeroit pourtant moindre que $\frac{1}{100}$ d'un pouce. C'eſt pour cela que je n'ai pas pu y mettre une balle aſſez grande pour repréſenter le ſoleil par rapport à mes planétes ; mais on doit ſuppoſer le ſoleil à leur égard auſſi grand que le cercle intérieur de l'anneau d'argent qui repréſente l'écliptique. NOTES ſur la V. Lecon.

Dans les orreries (*comme on les appelle*) *on ne fait pas voir la proportion des orbites les unes aux autres, ni des planétes entr'elles.*

COMME l'orbite de la Lune, & les orbites de Jupiter & de Saturne, ſont entierement éloignées de cette proportion des planétes principales, les ſatellites le ſont encore plus ; c'eſt pour cela qu'on n'a pas mis les ſatellites dans cette poſition de la machine. Mais on a joint à Saturne ſon anneau, ſelon ſa proportion, & ſelon l'inclinaiſon de ſon plan, au plan de l'orbite de Saturne ; & à meſure que la planéte ſe meut circulairement, l'anneau ſe meut parallélement lui-même, comme il le fait dans le Ciel. Par-là nous voyons comment les Habitans de la Terre, dans une révolution de Saturne, voyent deux fois l'anneau dans la ſituation la plus ouverte des *anſes*, comme dans la *Figure* 1. *Planche* 31. & deux fois, comme s'il n'avoit point d'anneau, c'eſt-à-dire lorſque le tranchant de l'anneau eſt tourné vers la terre (le plan de cet anneau paſſant par l'œil de l'Obſervateur), & l'augmentation & diminution ſucceſſives de la grandeur viſible des *anſes*.

La deuxiéme *Figure* repréſente Jupiter avec ſes bandes & les taches qui ont ſervi à faire connoître ſa révolution.

Lorſque les Spectateurs ont aſſez conſideré la machine pour avoir une idée complete de la grandeur proportionnelle des planétes, on en ôte Jupiter & Saturne, & on y ſubſtitue un autre Jupiter & un autre Saturne trois fois plus petit que les premiers, pour y placer tout autour les ſatellites (& en même-tems on joint la Lune à la Terre) pour faire voir comment les ſatellites accompagnent leur planéte principale dans ſa courſe autour du ſoleil. Ces ſatellites, qui ſont des perles ſur des tiges courbées, ne tournent pas par une horloge à rouës autour de leurs planetes principales, (comme on l'a fait dans quelques-unes des grandes *orreries*), mais on les conduit ſeulement à la main, parce que ſi on le faiſoit, ce ne ſeroit qu'une dépenſe inutile, pour donner une fauſſe idée de leur grandeur, de leurs diſtances, & de l'inclinaiſon de leurs orbites, par rapport à celles de leurs planétes principales. Mais pour donner une notion exacte de Jupiter & de ſes ſatellites, de Saturne & de ſes ſatellites, on fait voir pour chacune de ces planétes un ſyſtême à part, où l'on a exprimé les diſtances à la planéte principale, & la grandeur des ſatellites ; & dans ce ſyſtême, quoique Jupiter ne ſoit que d'environ un pouce de diametre, le ſatellite le plus éloigné eſt auſſi diſtant du centre de Jupiter, que Saturne l'eſt du ſoleil dans la machine, ce qui fait voir l'incompatibilité & la diſproportion

NOTES sur la V. Leçon.

qui se trouvent dans les *orreries*, à faire mouvoir les satellites autour de Jupiter. C'est encore plus mal-à-propos qu'on y place les satellites de Saturne, parce qu'il y en a quatre qui se meuvent dans des orbites fort inclinées à l'écliptique de Saturne (sçavoir d'un angle de plus de 30 degrés), & le cinquiéme a son orbite presque dans le même plan que l'écliptique de Saturne, avec un diametre plus grand que celui de tout le *Planetaire*, même lorsque Saturne est 3 fois plus petit que le Saturne du *Planetaire*.

Une autre chose qu'on y a mis, c'est une invention pour faire voir que toute la confusion des mouvemens des planétes dans l'*hypothése de Ptolemée* (qu'on appelle leurs stations & rétrogradrations) n'est pas réelle, mais apparente dans le systême de *Copernic*, ou dans le vrai systême du monde, & cela se fait par le moyen de deux aiguilles d'acier, dont l'une étant toujours appliquée au soleil, & successivement au haut de la tige de la planéte que l'on veut examiner, pendant que l'autre est appliquée à la terre (comme centre), & à ladite planéte. En tournant le manche de la machine, les lieux *heliocentriques* & *géocentriques*, (c'est-à-dire, vûs du soleil ou de la terre) de la planéte seront vûs sur l'écliptique en même-tems, & l'on verra comment les planétes paroissent reculer & avancer vûes de la terre, quoiqu'elles aillent toujours régulierement de l'ouest à l'est, comme on les verroit du soleil.

Ensuite pour faire voir la vraye inclinaison des orbites des planétes, ayant ôté toutes les balles d'argent, qui auparavant représentoient les planétes & leurs tiges, on place six orbites de fil de cuivre doré, par le moyen des piliers fixés sur les orbites, gravées sur le grand plan de la machine, & on les place assez haut pour avoir une partie au-dessus, & l'autre au-dessous du plan de l'écliptique ci-devant décrite, pendant que les nœuds, dans les deux parties opposées des cercles du fil de cuivre, [illegible]tement dans le plan de l'écliptique, & les *aphelies* & *perihelies* selon leurs vrayes distances au soleil, directement sur les lettres A & P, gravées en-dessous dans chaque orbite. Par exemple, dans l'orbite de Jupiter, il y a deux piliers d'égale hauteur, (& de la hauteur du plan de l'écliptique au-dessus de la grande platine) sur les trous en ☊ & ☋, pour soutenir la partie de l'orbite qui est dans le nœud. Il y a en N L un pilier un peu plus haut, & un autre en S L un peu plus bas. Les têtes de ces piliers étant rondes, représentent Jupiter dans chaque nœud & dans les plus grandes latitudes nord & sud. Outre ces quatre balles, il y en a deux autres mobiles sur le fil de cuivre, pour être placées, l'une à l'*aphelie*, ou dans tout autre lieu, pour marquer la longitude ou la latitude de la planéte dans chaque tems; car une des aiguilles d'acier dont on a parlé, placée au centre du soleil & de la planéte, marque sa longitude *heliocentrique*, en même-tems qu'un arc mobile d'un cercle placé verticalement sur le dégré de l'écliptique, dont l'aiguille est en-dessus ou en-dessous, marque sa latitude *heliocentrique*. La longitude & la latitude *géocentrique* se font voir de la même maniere, lorsque l'aiguille vient de la terre. *Les autres cinq orbites de cuivre son fixées de la même maniere.* Il

y

y a auſſi un double *index* qui s'ouvre comme un compas, dont le trou qui eſt au centre étant placé ſur la tige de la terre, ſes jambes ſaiſiſſant les orbites de mercure ou de venus, font voir la plus grande élongation de ces planétes par un arc gradué qui meſure la diſtance angulaire de ces jambes.

NOTES ſur la V. Le

N. B. *La plus grande élongation de ☿ eſt d'environ 28 dégrés, & celle de ♀ d'environ 48 dégrés.*

IL y a auſſi un fil de fer plié en figure parabolique, & ſoutenu par trois piliers, pour faire voir la partie inférieure de l'orbite d'une cométe, c'eſt-à-dire, autant qu'on peut l'obſerver. La tête de chaque pilier repréſente la cométe dans ce lieu, & les petits fils d'argent étendus depuis la cométe dans ſon *perihelie*, font voir la queuë de la cométe lorſqu'elle a le plus de grandeur.

Comme les obſervations des éclipſes des ſatellites de jupiter, ſont d'un grand uſage en Aſtronomie, j'ai fait faire un ſyſtême particulier de jupiter & de ſes ſatellites, applicable à la machine, par lequel les diſtances, les grandeurs & les vrayes périodes des ſatellites, par rapport à jupiter, ſont marquées ſi exactement, que lorſqu'on a ôté le ſoleil & l'ouvrage à rouë, qui entraîne ☿, ♀, ☉ & ♂, & qu'on y a mis l'ouvrage à rouës qui appartient au ſyſtême de jupiter, (chacun de ces ouvrages pouvant s'ôter & ſe mettre tout d'une piece) quelques-unes des rouës qui étoient auparavant dans le *Planetaire*, aident à faire mouvoir jupiter & ſes ſatellites, de maniere que s'ils ſont une fois placés ſelon les tables, on verra en tournant la manivelle, quelles éclipſes de chacun des ſatellites doivent arriver dans chaque tems. Il y a un cadran avec trois aiguilles dans un coin du *Planetaire*, où la manivelle eſt appliquée à ce deſſein: une de ces aiguilles marquant les heures de la rotation de jupiter autour de ſon axe en heures ſolaires & en heures de jupiter, (c'eſt-à-dire, diviſant ſa rotation autour de ſon axe en 24 parties); l'autre aiguille marque les heures des mouvemens de chacun des ſatellites, & la troiſiéme marque les jours.

En obſervant jupiter & ſes ſatellites, à meſure qu'ils ſe meuvent par le mouvement de la manivelle, & y joignant l'uſage de la lanterne, pour reptéſenter le ſoleil, nous y voyons clairement les choſes ſuivantes, telles qu'elles arrivent réellement.

1. L'IMMERSION; c'eſt-à-dire, l'entrée d'un ſatellite dans l'ombre de jupiter.

2. L'ÉMERSION d'un ſatellite hors de l'ombre.

3. EN quel tems les immerſions, ou les émerſions ſont viſibles.

4. EN quel tems un ſatellite eſt caché par le corps de ♃, avant que d'entrer dans l'ombre, ou après qu'il en eſt ſorti.

5. EN quel tems on peut voir un ſatellite traverſer le corps de jupiter.

NOTES sur IV. Leçon.

6. En quel tems un ſatellite fait une éclipſe ſolaire dans ♄, en jettant ſon ombre ſur une partie de ſa ſurface.

7. Quand eſt-ce que les ſatellites s'éclipſent l'un l'autre.

C'eſt-là tout ce que le Planetaire *repréſente par rapport au ſyſtême general. Quant à la repréſentation des phénoménes du ſoleil, de la lune & de la terre, les unes à l'égard des autres, il faut une autre machine; mais pour la facilité du tranſport, j'ai imaginé de changer la machine précédente en une autre à ce deſſein, quoiqu'il y ait quelque peine à faire les changemens néceſſaires.*

La *Planche* 32. repréſente le *Planetaire* uniquement avec le ſoleil, la lune & la terre.

1. L'ecliptique étant placée ſur d'autres piliers, s'éleve environ de deux pouces plus haut qu'auparavant.

2. La ſurface de la machine en-dedans de ces piliers, eſt une platine peinte en bleu, au lieu du cuivre poli d'auparavant, parce que la couleur bleuë du firmament dépend entierement de l'atmoſphére de la terre, & non pas d'un arc ou d'une voûte azurée à une diſtance immenſe.

L'ouvrage à rouë qui eſt ſous cette platine, s'appliquant de lui-même à l'ouvrage à rouës qui eſt en-dedans de la machine, & la manivelle étant fixée à une autre partie de la machine, on aura les mouvemens ſuivans.

3. Le ſoleil (qui eſt ici une balle de cuivre doré de deux pouces de diametre), tourne autour de ſon axe de l'oueſt à l'eſt une fois en 25 jours & 15 heures; chaque tour de la manivelle, qui étoit autrefois un mois [illegible] ſyſtême general, eſt maintenant un jour, & les heures ſont marquées par une aiguille & par un cadran diviſé au bas de l'axe de la terre.

4. Le mouvement annuel étant arrêté, la terre, (dont le centre, auſſi-bien que celui du ſoleil, eſt dans le plan de l'écliptique), tourne en 24 heures ſolaires autour d'un axe incliné au plan de l'écliptique par un angle de 66 $\frac{1}{2}$ dégrés de l'oueſt à l'eſt, ſans ſortir de ſa place. Mais lorſque le mouvement annuel n'eſt pas arrêté, elle tourne autour de ſon axe une fois en 23 heures & 56 minutes, & en même-tems elle eſt portée dans ſon orbite annuelle, auſſi de l'oueſt à l'eſt; ſon axe reſte pendant tout le tems paralléle à lui-même.

Détail des Phénoménes expliqués par la ſeule rotation de la terre autour de ſon axe.

La terre eſt ici repréſentée par une balle d'argent d'un pouce de diametre, ſur laquelle on a tracé différens cercles, comme on le fait ſur les globes ordinaires; ſçavoir les deux cercles polaires, les tropiques, l'équa-

teur, l'écliptique & le paralléle de *Londres ;* on y voit auſſi 24 Méridiens dont l'un gravé plus profondément que les autres, repréſente le *Méridien* de *Londres*, laquelle Ville eſt exprimée par une tache forte ou par un point à 51 $\frac{1}{2}$ dégrés de latitude nord. A un arc de fil de fer élevé & recourbé *fkg*, eſt ſuſpenduë une plaque ſemblable à un croiſſant, à qui manque 47 dégrés de tout le cercle en bas, afin qu'elle ne gâte pas l'axe de la terre. Le plan de cette plaque paſſe toujours par le centre de la terre, & faiſant face au ſoleil, il eſt toujours perpendiculaire à un rayon venant du ſoleil à la terre, & par conſéquent il diviſe la partie éclairée de la partie obſcure de la terre ; c'eſt pour céla que je l'appelle *horizon ſolaire*, & les lettres W, E, marquées ſur cette plaque, déſignent l'oueſt & l'eſt.

NOTES ſur la V. Leçon.

Dans une ligne que l'on ſuppoſe tirée du centre du ſoleil au centre de la terre, on a fixé ſur deux appuis, le rayon du ſoleil ou fil de fer *ml*, pour marquer ſur laquelle partie de la terre le ſoleil eſt perpendiculaire chaque jour, chaque heure, ou chaque minute dans toute l'année.

Il y a un *index h* qui marque le lieu de la terre ſur l'écliptique, & il y a auſſi vis-à-vis un autre *index* (avec un petit ſoleil gravé au-deſſus) qui marque le lieu du ſoleil dans la partie oppoſée de l'écliptique.

Ayant arrêté la platine bleuë, on placera la terre ſur le premier dégré du capricorne, qui ſera marqué par ſon *index ;* enſuite l'axe de la terre, (faiſant toujours un angle de 66 $\frac{1}{2}$ dégrés avec le plan de l'écliptique), doit être tellement placé, que le pole nord ſoit tourné vers le ſoleil, & qu'un plan qui paſſe par l'axe de la terre & par le nombre XII. dans le cadran D, paſſe auſſi par le centre du ſoleil. On aura par ce moyen la ſituation de la terre pour le jour le plus long dans notre hémiſphére nord ; l'*index* du ſoleil qui tombera ſur le premier dégré de l'écreviſſe, tombera auſſi ſur le 10 de *Juin :* placez le Méridien de *Londres* dans le rayon du ſoleil, & vous aurez la ſituation de *Londres* à midi, jour le plus long de l'année, dans laquelle un Habitant que l'on ſuppoſe avoir la face tournée vers le ſud, verra le ſoleil devant lui dans ſa plus grande hauteur.

Maintenant en tournant doucement le manche de la machine, le point qui repréſente *Londres* ou un Habitant de cette Ville, ſera (par la rotation de la terre), porté en avant vers l'eſt, pendant que le ſoleil paroît ſe mouvoir vers l'oueſt, ou vers la main droite, & lorſque *Londres* eſt porté du côté de l'eſt de l'horizon ſolaire, on voit l'heure du lever du ſoleil par le moyen de l'*index* ſur l'axe de la terre, & ſur le cadran D. Tournez encore, & *Londres* marchera vers la partie obſcure de la terre, de l'autre côté de l'horizon ſolaire, par rapport au ſoleil. Lorſque l'*index* eſt arrivé à l'autre nombre XII. du cadran, *Londres* arrive à minuit ; & lorſqu'on continue à tourner, *Londres* ſort de deſſous l'horizon ſolaire à l'oueſt, l'*index* qui eſt en-deſſous marquant l'heure du ſoleil, & un Habitant voyant le ſoleil à meſure qu'il ſort de ſon horizon à l'eſt, ou à main gauche. On peut auſſi obſerver que dans tout le tour de la terre autour de ſon axe, le rayon ſolaire ne pointe que le tropique du cancer, & qu'aucun autre Pays que ceux qui ſont ſous ce tropique, n'a le ſoleil

Notes sur la V. Leçon.

vertical; & cela arriveroit pendant tout le cours de l'année, ſi le ſoleil n'avoit point de mouvement annuel, & il n'y auroit point non plus de changement de ſaiſons, ni d'altération dans la longueur des jours. Ici en obſervant comment l'horizon ſolaire coupe les différens paralléles, on peut s'appercevoir que tous ceux, (excepté l'équateur), qui ſont entre les cercles polaires nord & ſud, ſont diviſés inégalement en arcs diurnes & nocturnes, les premiers étant les plus grands du côté nord de l'équateur, & les autres, (c'eſt-à-dire ceux qui ſont derriere l'horizon ſolaire), du côté ſud de l'équateur.

Le cercle polaire nord dans cette ſituation, eſt toujours éclairé, étant du côté de l'horizon ſolaire qui eſt expoſé au ſoleil, pendant que tous les Pays qui ſont dans le cercle polaire ſud, continuent d'être dans les ténébres, malgré la révolution diurne de la terre; n'y ayant que la révolution annuelle qui ſoit capable de changer leur ſituation inſupportable d'une nuit & d'un hiver perpetuel, pour y faire venir le jour, le printems, l'été, &c.

Si maintenant on délie le mouvement annuel, & qu'on le joigne au mouvement diurne, alors en tournant la manivelle, la balle qui repréſente la terre, aura le même mouvement que la terre, & repréſentera tous les *phénoménes* qui dépendent des deux mouvemens.

Premierement donc, pendant qu'elle continue à tourner ſur ſon axe propre, une fois le jour, elle s'avance dans le grand orbe de l'oueſt à l'eſt, ſelon l'ordre des ſignes (ou *in conſequentia*, comme parlent les Aſtronomes), & on le voit par ſon *index*, qui pointe ſucceſſivement tous les ſignes & dégrés de l'écliptique, pendant que le ſoleil autour duquel elle ſe meut, paroît décrire auſſi *in conſequentia*, ou de l'oueſt à l'eſt, la même orbite, à la diſtance de ſix ſignes; c'eſt-à-dire, qu'il paroît partir du premier dégré de l'écreviſſe, préciſément au moment que la terre part réellement du premier dégré du capricorne, comme l'*index* ſolaire *i* (qui dans la *Planche* 32. eſt au-deſſus du *Taureau*), le fait voir clairement.

Comme dans le mouvement annuel de la terre, l'axe reſte toujours paralléle à lui-même, ſa ſituation par rapport au ſoleil, doit changer continuellement, & un plan qui paſſe par cet axe & par le nombre XII. ſur le cadran D, ne repaſſera par le centre du ſoleil, lorſqu'il l'aura une fois quitté, qu'à la diſtance de la moitié de l'année, & alors le pole nord de la terre, (qui étoit auparavant le plus près du ſoleil), en ſera le plus éloigné.

N. B. *La ſituation de la terre par rapport à l'étoile polaire, à laquelle l'axe eſt dirigée, ne change jamais ſenſiblement, parce que tout le diametre de l'orbite de la terre n'a aucune proportion avec la diſtance des étoiles fixes, qui ſont* 400000 *fois plus éloignées de nous que le ſoleil, & par conſéquent leur parallaxe ne peut monter qu'à une ſeconde d'un dégré.*

2°. On voit, à meſure que la terre ſe meut dans l'écliptique, que le cercle polaire nord deſcend par dégrés ſous l'horizon ſolaire, qui le coupe

en deux parties égales, lorſque la terre entre dans le *belier*, (& que le ſoleil paroît entrer dans la *balance*), comme il paroît auſſi couper chaque cercle paralléle ſur toute la terre, rendant égaux l'arc diurne & l'arc nocturne, & c'eſt ce qu'on nomme l'équinoxe, les jours & les nuits étant alors de 12 heures ſur toute la terre, comme l'index horaire en D le fait voir auſſi; & les deux poles étant également éclairés, ont le ſoleil dans leur horizon; de même le rayon ſolaire ayant ſucceſſivement point tous les paralléles ſuppoſés entre le tropique du cancer & l'équateur, tombent maintenant ſur l'équateur, dont chaque partie, (pendant ce jour, ou pendant un tour de la manivelle), reçoit ſucceſſivement la lumiere perpendiculaire, & la chaleur du ſoleil; qui eſt-ce que les Sectateurs de *Ptolemée* appellent le ſoleil être dans l'équateur, ou décrire l'équateur. En continuant de tourner le manche, la terre marche par dégrés *in conſequentia*, & l'horizon ſolaire fait voir comment les jours continuent à décroître à meſure que les arcs diurnes ſe racourciſſent, & peu à peu tout l'eſpace compris par le cercle polaire nord ſe ſouſtrait lui-même au ſoleil, juſqu'à ce qu'il ſoit entierement derriere l'horizon ſolaire, lorſque la terre arrive au premier dégré de l'écreviſſe; ce qui fait voir que tous les Pays compris dans cet eſpace, n'ont point de jour du tout, pendant que les Pays qui ſont dans le cercle polaire ſud, étant maintenant du côté de l'horizon ſolaire expoſé au ſoleil, n'ont point du tout de nuit. Maintenant le rayon ſolaire donne directement ſur le tropique du capricorne, que le ſoleil paroît (ou eſt dit) décrire, par la rotation de la terre. L'index du ſoleil étant auſſi dans le capricorne, & marquant en même-tems le onziéme jour de *Decembre*, fait voir que nous avons le jour le plus court à *Londres*, dont la meſure eſt marquée par l'*index* horaire.

Notes ſur la V. Lec.

La terre étant toujours portée en avant, le rayon ſolaire décrira les paralléles qui ſont au-deſſus, & ſera à l'équateur, lorſque la terre entrera dans la balance, (& que le ſoleil paroîtra dans le belier). Alors l'horizon ſolaire diviſera tous les paralléles en deux arcs égaux, le diurne & le nocturne, le pole étant à préſent dans le plan de l'horizon ſolaire. Enſuite à meſure que la terre va en avant, une plus grande partie du cercle polaire nord ſort du côté du ſoleil, les arcs diurnes, & par conſéquent les jours dans notre hémiſphére nord croiſſent, juſqu'à ce qu'à la fin la terre arrive au premier dégré du capricorne, d'où elle eſt partie au commencement; enſuite l'axe de la terre revient encore à la même ſituation qu'il avoit au commencement par rapport au ſoleil.

3°. Otez la terre & ſon horizon ſolaire, & mettez-y une autre terre de trois pouces de diametre, dont le centre ſoit toujours dans le plan de l'écliptique. Cette terre ayant un méridien gradué, & des pointes, (pour repréſenter les Habitans), perpendiculairement placées dans les tropiques, l'équateur & quelques paralléles entr'eux; le rayon ſolaire, (un peu raccourci pour ſervir à cette terre), fera voir plus clairement en quel tems le ſoleil eſt perpendiculaire à chacun de ces Habitans, & de combien il eſt plus ou moins oblique à ceux qui ſont hors des tropiques en différentes ſaiſons, en plantant auſſi des pointes ſur ces Pays. Le rayon ſolaire

NOTES sur Ve. Leçon.

marquera auſſi exactement les degrés de la déclinaiſon du ſoleil ſur les dégrés du méridien de ce globe.

4°. OTEZ ce globe, & placez-en un autre d'yvoire, qui n'a que deux pouces de diametre, ſur lequel la carte du monde eſt gravée avec un horizon d'argent, pour le placer aiſément ſelon la ſituation de chaque Pays. Par le moyen de ce globe, avec ſon horizon différemment ſitué, & du rayon ſolaire, on verra tous les phénoménes de la ſphére *droite*, *oblique* & *paralléle*. Ayant placé l'horizon pour un Pays, vous voyez aiſément par le rayon ſolaire, en quel tems le ſoleil eſt au-deſſus ou au-deſſous de l'horizon de ce Pays, & en quel point de la bouſſole il ſe leve dans ce Pays chaque jour de l'année. S'il a une amplitude ou non, ſi elle eſt nord ou ſud, & combien elle eſt plus grande ou plus petite dans une latitude que dans l'autre; c'eſt-à-dire, en quel tems & combien le ſoleil ſe leve & ſe couche plus nord ou plus ſud par rapport aux vrais points d'eſt & d'oueſt.

5°. PLACEZ de nouveau la petite terre, & l'ayant miſe au premier dégré du capricorne, placez l'*index* horaire à XII. vers le ſoleil, avec le méridien de *Londres*. Enſuite vous ferez attention qu'un plan qui paſſe par l'axe de la terre, & par l'étoile polaire, (à une diſtance immenſe), paſſe auſſi par le Méridien de *Londres* & par le centre du ſoleil. Ayant donc arrêté le mouvement annuel, afin que la terre puiſſe tourner autour de ſon axe ſans ſortir de ſa place, chaque tour de la manivelle entraînera le Méridien de *Londres*, juſqu'à ce qu'il revienne à ſa premiere place, & que *Londres* faſſe face à l'étoile polaire, comme auparavant; c'eſt-à-dire, que cette Ville revienne dans le plan d'où elle étoit ſortie; c'eſt ce qu'on appelle le *jour des étoiles*. Mais comme ici le ſoleil eſt dans le même plan que l'axe de la terre, & l'étoile polaire; le jour des étoiles eſt le même que celui du ſoleil: parce que le Méridien de *Londres* arrive au centre du ſoleil en même-tems qu'il arrive à l'étoile polaire. Mais comme cela dépend de l'immobilité de la terre, la choſe n'eſt pas vraye dans le fait, & ainſi pour connoître ce qui arrive réellement, il faut imprimer à la terre le mouvement annuel. Un tour de la manivelle donne non-ſeulement à la terre un tour ſur ſon axe, mais il la fait avancer preſque d'un dégré dans l'écliptique. Si maintenant on obſerve le Méridien de *Londres*, on trouvera qu'il n'eſt pas encore arrivé au rayon ſolaire, parce que quoiqu'il ſoit arrivé au plan qui paſſe par le centre de la terre & par l'étoile polaire, ce plan ne paſſe plus par le centre du ſoleil, parce que le centre de la terre a quitté ſa place, & s'eſt mû *in conſequentia*; de ſorte que la manivelle doit s'avancer un peu plus, avant que le Méridien de *Londres*, (qui a fait tout le tour pour une révolution journaliere des étoiles), arrive au rayon ſolaire, pour faire un jour ſolaire, qui eſt plus long que la révolution des étoiles, de l'eſpace de 4 minutes de tems. Ainſi la terre tourne autour de ſon axe en 23 heures & 56 minutes; mais chaque Pays qui a midy, ou le ſoleil au ſud, doit faire plus que d'une révolution autour de l'axe pour revenir à midy. Cette différence entre le jour ſolaire & la

révolution des étoiles, eſt ſi petite, qu'on peut à peine s'en appercevoir dans une ſimple révolution ; mais ſi l'on fait 15 tours de la manivelle, ces 15 différences faiſant une heure, (priſes toutes enſemble), on verra que préciſément après 15 tours, le plan paſſant par la terre, & par l'étoile polaire, laiſſe ſi loin le ſoleil, que le rayon ſolaire au lieu de pointer au Méridien de *Londres*, ne pointe qu'à celui qui eſt immédiatement avant, & qui eſt une heure plus à l'eſt, & l'aiguille horaire au bas, qui marque XII. ne marque que la révolution diurne des étoiles ; mais il faut par le moyen de la manivelle, la porter au nombre 1. avant que de pointer au centre du ſoleil. Si la terre eſt portée ſur un mois dans ſa courſe annuelle, l'*index* horaire étant à XII. s'écartera du midy ſolaire de deux heures de la révolution des étoiles : après 3 mois il s'écartera de 6 heures ; après 6 mois de 12 heures, ou étant à minuit du ſoleil il marquera le midy des étoiles ; & c'eſt la raiſon pourquoi les étoiles auprès du ſoleil, (qui chaque jour à midy ſeroient viſibles autour du ſoleil, s'il étoit totalement éclipſé, mais qui ſont inviſibles, parce que leur lumiere eſt abſorbée par celle du ſoleil), après 6 mois ſont viſibles à minuit. Au bout de 9 mois, l'*index* horaire s'écarte du ſoleil de 18 heures, & après 12 mois, ou après une révolution annuelle de la terre, il s'en écarte de 24 ou de rien du tout ; c'eſt-à-dire, que la révolution annuelle des étoiles eſt plus courte d'un jour que l'année ſolaire ; ce jour étant compoſé de toutes les différences, ou de 360 fois 4 minutes, & plus exactement de 365 $\frac{1}{4}$ fois 3 minutes & 56 ſecondes

NOTES ſur la Ve. Leçon.

6°. RAMENEZ la terre au premier dégré du capricorne, ôtez le rayon ſolaire, & fixez un petit *index* dans un trou du ſoleil, pour repréſenter une de ſes taches, qui nous ont fait connoître le tems de ſa révolution autour de ſon axe. Arrêtez le mouvement annuel, & placez ce nouvel *index* ſolaire vis-à-vis du Méridien de *Londres*, ou de l'*index* horaire ſur XII. Après 25 tours & $\frac{1}{4}$, l'*index* ſolaire reviendra, & ſera dirigé vers le centre de la terre ; mais le Méridien de *Londres*, & l'*index* horaire qui eſt dans ſon plan, ira au-delà de XII. juſqu'à VI. Cela fait voir le tems abſolu de la révolution du ſoleil autour de ſon axe. Placez chaque choſe comme auparavant, & faites aller le mouvement annuel, obſervant que comme l'*index* ſolaire eſt dirigé au centre de la terre, il eſt auſſi dirigé au premier dégré du capricorne. Tournez la manivelle 25 $\frac{1}{4}$ fois, & vous verrez que l'*index* ſolaire ne pointe pas encore au centre de la terre, (quoiqu'en pointant au premier dégré du capricorne, que la terre a maintenant quitté, le ſoleil paroiſſe avoir fait une révolution entiere autour de ſon axe) ; mais il faut encore près de deux tours de la manivelle, pour que cela arrive. C'eſt la raiſon pour laquelle les Aſtronomes, qui ne croyent pas le mouvement de la terre, ont compté, en obſervant une tache du ſoleil, une révolution du ſoleil autour de ſon axe, lorſqu'ils ont vû de la terre la tache placée dans le même point du diſque du ſoleil, où ils l'avoient obſervée au commencement, & delà vient qu'ils ont prétendu que le ſoleil employoit environ 27 jours à tourner autour de ſon

Notes sur la Ve. Leçon.

axe ; mais cette révolution n'eſt qu'appatente, & la révolution réelle s'acheve deux jours plûtôt.

7°. Otez la pointe ou l'*index* de la ſurface du ſoleil, faites revenir la terre au tropique du capricorne, & arrêtez le mouvement annuel. Enſuite ſur l'orbite lunaire *a b c*, fixez la tige de la lune, & placez-y la lune *e d*, qui eſt repréſentée par une petite balle d'argent, dont le diametre eſt $\frac{2}{7}$ de celui de la balle qui repréſente la terre, (ſelon la vraye proportion que ces corps ont dans la nature), ayant un côté clair, pour repréſenter le côté de la lune, que nous voyons toujours, & l'autre côté gravé pour repréſenter celui qui n'eſt jamais vû de la terre. Placez le côté clair de la lune vers la terre, ſon corps étant placé exactement entre le ſoleil & la terre, comme dans le tems de la nouvelle lune, & tournez enſuite la manivelle. Vous verrez, 1°. Que 27 tours $\frac{1}{3}$ feront parcourir à la lune toute ſon orbite, & la feront revenir au même point; ce qui fait voir que la période de la lune eſt de 27 jours & près de 8 heures. 2°. Que le même côté de la lune eſt toujours tourné vers la terre, l'hémiſphére gravé de la balle lui étant toujours oppoſé. 3°. Que la lune ne tourne qu'une fois autour de ſon axe, pendant qu'elle fait une révolution autour de la terre ; & 4°. Que le mois *périodique* ſeroit le même que le *ſynodique*, ſi la terre n'avoit point de mouvement annuel ; c'eſt-à-dire, que la révolution de la lune en comptant depuis la nouvelle ou pleine lune, ne finiroit qu'à la nouvelle ou pleine lune ſuivante : au lieu que dans le réel la période de la lune, (ou le mois périodique), eſt un peu moindre que 27 jours & $\frac{1}{2}$; mais le mois ſynodique, ou le tems écoulé depuis la nouvelle lune juſqu'à la nouvelle lune ſuivante, ou depuis la pleine lune juſqu'à la pleine lune ſuivante, eſt d'environ 29 $\frac{1}{2}$ jours, parce que dans le tems d'une révolution, la terre eſt portée ſi avant dans l'écliptique, que lorſque la lune a achevé ſa période autour de la terre, elle n'eſt plus dans la ligne qui joint les centres de la terre & du ſoleil ; mais qu'elle doit ſe mouvoir encore plus de 2 jours ſur ſon orbite, pour être dans cette ligne. On voit cela aiſément dans la machine ; car ſi l'on place la terre au premier dégré du capricorne, & la lune entre la terre & le ſoleil, & qu'ayant fait aller le mouvement annuel, on tourne la manivelle 27 $\frac{1}{3}$ fois, la terre ſe trouvera ſi avancée dans l'écliptique, que quoique la lune ait achevé ſa période, elle ne ſera pas encore dans une même ligne avec le ſoleil ; mais ſi vous appliquez un fil ſur le centre de la lune & de la terre, & un autre ſur le centre du ſoleil & ſur le premier dégré du capricorne, (qui eſt la ligne d'où la terre & la lune ſont parties), vous trouverez ces deux fils paralléles ; ce qui fait voir que la lune a réellement fini ſa période, quoiqu'elle ne paroiſſe pas l'avoir fait par rapport au ſoleil. Mais ſi vous donnez à la manivelle un peu plus de 2 tours, vous acheverez le mois ſynodique, en portant la lune de nouveau entre le ſoleil & la terre, & le lieu de la terre ſur l'écliptique, vous fera voir qu'elle a avancé de 29 jours & demi.

8°. Conduisez la terre au premier dégré de l'écreviſſe ; & ayant mis

mis ſur la lune le bonnet noir qui lui appartient, avec ſon côté convexe oppoſé au ſoleil comme en *e*, placez la lune entre la terre & le ſoleil ; c'eſt-à-dire, dans le point de la nouvelle lune : enſuite tournant la manivelle, vous aurez ſucceſſivement toutes les phaſes de la lune, ſelon qu'elles arrivent, pendant que la lune tournant autour de la terre dans ſon orbite, eſt auſſi portée avec la terre autour du ſoleil. Car, 1°. Le bonnet noir repréſentant la partie obſcure de la lune, couvre entierement tout ſon hémiſphére blanc, qui eſt tourné vers la terre, faiſant voir par-là comment la nouvelle lune nous eſt inviſible ; enſuite après quelques tours de la manivelle, vous verrez qu'une petite partie de l'hémiſphére blanc ſort de deſſous le bonnet, (c'eſt-à-dire, de l'ombre), & forme un croiſſant. A meſure que vous avancerez, vous verrez le premier quartier, & après 7 tours la lune à demi pleine ; & enſuite ſortant toujours de plus en plus de deſſous le bonnet, juſqu'à ce qu'à 14 tours & $\frac{1}{2}$, vous ayez le *phénoméne* de la pleine lune, lorſque l'hémiſphére blanc eſt entierement hors du bonnet, & que la terre eſt entre le ſoleil & la lune. A meſure que vous continuerez à tourner, vous verrez décroître par dégrés les phaſes de la lune, juſqu'à ce que vous ayez de nouveau la nouvelle lune ; & maintenant vous pourrez voir tous ces phénoménes dans le même-tems, comme ils arrivent dans le Ciel.

NOTES ſur la Ve. Leçon.

9°. OTEZ le ſoleil, & mettez à ſa place la lanterne qui appartient au *Planetaire*, laquelle a deux verres convexes, (ſans leſquels on ne peut pas avoir les rayons paralléles, convergents, ou divergents, avec aſſez de vivacité), pour faire voir comment la terre & la lune ſont éclairées par le ſoleil, & pour démontrer les *phénoménes* des éclipſes. Rendez la chambre obſcure, & vous verrez clairement les phénoménes du jour & de la nuit, avec les ſaiſons & phaſes de la lune ci-deſſus mentionnées, ſans l'horizon ſolaire ou le bonnet noir de la lune, dont on ne fait uſage que lorſqu'on ne veut pas comparer la lumiere & l'obſcurité.

Lorſqu'on employe la plus grande terre avec des pointes pour repréſenter d'une maniére convenable les Habitans, on voit clairement ce que les Géographes diſent ſur les Habitans de la terre, par rapport à leurs ombres, tels que ſont ceux qu'ils appellent *Aſcéens*, *Amphiſcéens*, & *Heteroſcéens* ; on pourra auſſi mieux comparer enſemble les jours & les ſaiſons des *Antœciens*, *Periœciens*, & *Antipodes* : comme auſſi (lorſqu'on fait uſage de la terre d'hyvoire, avez ſon horizon d'argent), on verra clairement comment le ſoleil paroît s'élever au-deſſus de notre horizon, & ſe coucher au-deſſous, avec amplitude, ou ſans amplitude, les rayons réels de la lumiere faiſant maintenant ce que les rayons ſolaires de fil de cuivre ne faiſoient qu'imiter auparavant. Il y a auſſi une invention d'une plaque d'argent que l'on mer ſur un point de la ſurface de la terre, & qui tourne avec elle, pour faire voir la diſtinction entre l'horizon ſenſible & rationel d'un Pays ; mais en même-tems pour faire remarquer que la diſtance immenſe du ſoleil eſt cauſe que ces deux horizons ſe confondent preſque, & que le lever & coucher du ſoleil eſt le même au même moment par rapport aux deux horizons.

Notes sur la Ve. Lecon.

La lumiere ſecondaire de la lune (c'eſt-à-dire, celle qui étant reflechie de la terre, tombe ſur la partie obſcure de l'hemiſphére de la lune qui eſt tournée vers la terre, & y produit une clarté foible telle que celle que nous recevons de la lune) par laquelle dans un tems ſerein, au croiſſant ou déclin de la lune, nous voyons le reſte du diſque de la lune d'une couleur ſombre & tannée, (& même quelquefois nous voyons de cette maniere la lune entiere au moment qu'elle eſt nouvelle) ſe voit très-bien ici par la lumiere de la lanterne, & l'on voit auſſi comment la terre en tournant devient une lune par rapport à la lune.

Pour faire voir les *phénoménes* des éclipſes; 1°. Placez la petite terre, la lune étant ſur ſa tige, & la lanterne à ſa place; vous verrez comment la lune en paſſant entre le ſoleil & la terre, jette ſon ombre ſur certaines parties de la terre, dont les habitans ont une éclipſe totale du ſoleil dans les endroits où l'ombre paſſe, & une éclipſe partielle dans la *Penombre* ou auprès de l'ombre. Lorſque la lune étant pleine paſſe de l'autre côté de la terre, en ſorte qu'elle perd ſa lumiere par l'interpoſition du corps de la terre; c'eſt-à-dire, à meſure qu'elle traverſe l'ombre de la terre, il y a une éclipſe totale de lune, qui pendant tout le tems de ſa durée eſt viſible à tous les habitans de l'hemiſphére de la terre, qui eſt tourné vers la lune dans ce tems-là. Mais quoique cette poſition du *Planetaire* faſſe voir en quoi conſiſte l'éclipſe du ſoleil & de la lune, elle ne repréſente pas ce qui arrive réellement eû égard au tems des éclipſes; car elle fait voir une éclipſe dans chaque nouvelle & pleine lune, au lieu que nous avons rarement plus de quatre éclipſes dans toute une année, & que ſouvent nous n'en avons pas tant. La raiſon en eſt, que quoique la terre artificielle & la lune de la machine ayent une juſte proportion l'une avec l'autre, l'orbite de la lune eſt 10 fois plus petite qu'elle ne devroit l'être à proportion de ces corps: outre cela l'orbite de la lune n'eſt pas dans le plan de l'écliptique, mais elle forme avec elle un angle d'environ 5 degrés; de ſorte qu'à moins que la lune ne ſoit dans les nœuds ou auprès des nœuds, (qui ſont les points où l'orbite de la lune coupe le plan de l'écliptique) au tems qu'elle eſt pleine ou nouvelle, il n'y a point d'éclipſe; parce que l'ombre de la lune paſſe au nord en-deſſus, ou au ſud en-deſſous du globe de la terre en nouvelle lune, & que la lune paſſe au nord en-deſſus, ou au ſud en-deſſous de l'ombre de la terre en pleine lune. Il eſt vrai que quelques faiſeurs d'*Orreryes* ont fait monter & deſcendre la lune dans ſa route, ſur une orbite inclinée comme il convient, & qu'outre cela ils ont fait mouvoir les nœuds de cette orbite en arriere ou *in antecedentia*, (c'eſt-à-dire de l'eſt à l'oueſt) par une révolution de dix-neuf ans, comme il arrive dans la nature; mais n'ayant pas augmenté l'orbite de la lune, ni placé des balles plus petites pour la lune & la terre, ils n'ont pas évité cet inconvenient des éclipſes trop fréquentes. D'autres pour l'éviter ont donné à l'orbite de la lune une inclinaiſon triple ou quadruple, détruiſant une verité pour en expliquer une autre.

Je fais voir encore dans mon *Planetaire*, la vraye inclinaiſon de l'orbite de la lune, le mouvement des nœuds & la vraye grandeur de l'orbite relativement aux corps, & par conſéquent les vrais *phénoménes* qui ont rapport au tems & à la quantité des éclipſes, en faiſant les changemens ſuivans.

J'ôte la lune & la terre, & sur le cercle d'argent *np* (qui est divisé en dix-neuf parties correspondantes aux dix-neuf ans du mouvement des nœuds) je fixe une orbite de fil doré bien délié, bien incliné dans ces nœuds sur ce cercle comme il convient, avec deux petites lunes, qui aussi-bien que la petite terre, que l'on y place en même-tems, ont une juste proportion avec la grandeur de l'orbite : & ensuite par le moyen d'un petit morceau de papier blanc, attaché derriere la terre au tems de la nouvelle lune, les ombres de la terre & de la lune font voir s'il y aura une éclipse de soleil ou non ; si l'éclipse sera totale ou partielle, de longue ou de courte durée, & si elle sera au nord ou au sud ; en tenant de même le papier derriere la lune au tems de la pleine lune, on verra s'il y aura une éclipse de lune ou non ; & s'il y a une éclipse, de quelle espece, &c. Note sur la Ve. Leçon.

10°. Il y a des parties fixées au *Planétaire* qui font voir en quoi consistent les *parallaxes*, & comment on doit les observer, telles que les parallaxes annuelles, mensales & diurnes. Ce qui fait voir évidemment comment on a tenté de decouvrir par ces méthodes les distances du soleil & des étoiles fixes, sans pouvoir y réussir parfaitement, mais qu'on a réussi à decouvrir celle de la lune. Il y a aussi une invention pour faire voir ce que l'on entend par la *longitude* à la mer par où l'on voit qu'on la trouvera à la fin par la rencontre de la lune avec les étoiles fixes, lorsque la théorie de la lune sera dans sa perfection. J'ai aussi inventé une partie additionnelle pour faire voir la *celidrographie* sur le *Planétaire ;* c'est-à-dire, les *Phénoménes* des taches de *Venus*, du jour & de la nuit, & des saisons dans cette planéte, qui (selon les découvertes de M. *Bianchini*) tourne en vingt-quatre jours & huit heures, autour d'un axe incliné de quinze degrés sur le plan de l'orbite de cette planéte, cet axe continuant toujours d'être paralléle à lui-même. Il y a aussi un fil de métal pour représenter un rayon perpendiculaire du soleil, & un horizon solaire pour faire voir la spirale sensible que le soleil doit paroître décrire chaque jour à un habitant de Venus. On peut mettre la lanterne au lieu du soleil, &c. mais j'ai differé de mettre cette machine additionnelle à mon *Planétaire*, pour attendre si les observations des autres Astronomes auront confirmé les nouvelles & grandes découvertes de M. *Bianchini*.

Quelques-uns de nos Astronomes m'avoient détourné de publier ici ma celidographie, revoquant en doute les découvertes de *Bianchini ;* mais notre illustre Président *Martin Folkes*, m'ayant appris que M. *Bianchini*, qu'il connoît parfaitement, est trop exact pour se tromper dans les Observations Astronomiques, & trop honnête homme pour rien publier contre la verité, j'ai cru qu'il étoit à propos de donner ici la Dissertation suivante.

DISSERTATION sur la Planéte de Venus, *selon les découvertes de* Bianchini, *telle qu'elle est représentée par l'Ouvrage à rouës de mon Planétaire.*

Sa révolution autour du soleil est, comme on le sçavoit auparavant, de près de 225 jours.

NOTS sur la Ve. Leçon.

Sa révolution autour de son axe est de 24 jours 8 heures, & non pas de 23 heures, comme on l'avoit crû ci-devant.

Le globe terrestre de *Venus* a ses particularités remarquables.

1. L'ANGLE de son axe avec le plan de l'écliptique est de 15 degrés.

2. LES tropiques sont éloignés du pole de 15 degrés, ou de l'équateur de 75°.

3. LES cercles polaires sont éloignés de 15° de l'équateur ou de 75° des poles.

4. LE plan de l'horizon solaire au jour le plus long fait un angle de 15° avec l'équateur.

5. LA plus grande déclinaison du soleil est de 75 degrés.

6. IL n'y a que $9\frac{1}{4}$ jours dans chaque révolution autour du soleil.

7. POUR mettre les jours à un compte rond, il faut ajouter de quatre en quatre ans une année bissextile qui en la prenant dans les quatre quartiers d'une révolution, fait l'année bissextile de *Venus* de dix jours de cette planéte qui valent $7\frac{1}{2}$ mois de notre année terrestre.

8. LE plus long jour pour le pole nord contient $4\frac{5}{8}$ révolutions diurnes apparentes du soleil. Quoiqu'à la rigueur à celui qui seroit au pole nord, chaque point de l'horizon paroîtroit au sud, cependant on peut fixer un point du sud, & celui-là regleroit les autres points cardinaux pour cette position de la sphére. Si l'on appelle meridien celui qui passe par le soleil & par le zenith, lorsque le soleil est dans sa plus grande hauteur, & si l'on appelle sud le point où ce meridien coupe l'horizon, on aura l'est, ouest & le nord sur l'horizon avec les phénomenes suivans. Le soleil se levera à $22\frac{1}{2}$ degrés nord depuis l'est, sous un angle d'un peu moins de [illegible] degrés avec l'horizon, & se mouvant dans une spirale, après qu'il se sera avancé de $112\frac{1}{2}$ degrés (qui se mesureront sur l'horizon) il passera au meridien à la hauteur de 10 degrés; ensuite faisant une révolution entiere, il passera au même meridien à la hauteur de $42\frac{1}{2}$ degrés : faisant une autre révolution, il repassera au meridien à la hauteur de 75 degrés ou de 15° de distance au zenith : de-là il descendra de nouveau par la même spirale, & en descendant il coupera le meridien à la hauteur de $42\frac{1}{2}$ degrés; & enfin dans sa cinquiéme révolution, il coupera le meridien à la hauteur de 10 dégrés, & s'avancera de $112\frac{1}{2}$, il se levera par une amplitude nord de $22\frac{1}{2}$ degrés.

9. LES phénoménes au pole sud seront les mêmes que ceux-ci *mutatis mutandis*.

10. SUPPOSONS maintenant que le globe artificiel qui représente *Venus* soit rectifié pour un endroit sous le tropique où le soleil est vertical dans sa plus grande déclinaison nord au colure des solstices; lorsqu'un horizon solaire, dont le pole est au point solsticial est aussi l'horizon rationel; nommons ce colure le meridien, & nous observerons les phénomenes suivans.

Le ſoleil ſe levera avec une amplitude nord de 7 ½ degrés, & ſe mouvant toujours dans une ſpirale viſible (dans cette poſition & dans toutes les autres de la ſphére) il viendra au meridien la premiere fois avec une hauteur de 25 degrés; enſuite ſans ſe coucher, il viendra la ſeconde fois au meridien à la hauteur de 57 ½ degrés; la troiſiéme fois, il viendra au meridien juſqu'au zenith; la quatriéme fois il paſſera au meridien avec une hauteur de 57 ½ degrés; la cinquiéme fois il y paſſera à la hauteur de 25 degrés, & à la fin il ſe couchera avec une amplitude nord de 7 ½ degrés; dans l'autre moitié de l'année il ſera nuit pour ce pays. Notes ſur la Ve. Leçon.

11. POUR l'autre hemiſphére qui eſt ſud, le lieu dans le tropique où le ſoleil eſt vertical au ſolſtice, aura les mêmes phénoménes, excepté que le colure des ſolſtices ne ſera pas dans le même meridien où il étoit de l'autre côté, mais 45 degrés plus oueſt.

N. B. *Dans un an les points des ſolſtices dans l'hemiſphére avancent de 90 degrés; de ſorte que quoique la ſpirale où ſe fait le mouvement apparent du ſoleil, ſoit de la même eſpece dans chaque année de* Venus, *cependant elle n'eſt pas tout-à-fait la même, (c'eſt-à-dire, que le ſoleil ne paſſera pas verticalement ſur les mêmes endroits) juſqu'à ce que quatre révolutions annuelles de Venus ayent été achevées.*

12. LES phénoménes dans l'équateur ne ſeront pas les mêmes dans chaque degré, parce que le jour eſt une trop grande partie de l'année; il nous faut donc conſiderer ici deux points de l'équateur. Le premier ſera celui qui eſt coupé par un colure qui paſſe par le point ſolſticial du tropique nord, & là les phénoménes du ſoleil ſeront les ſuivans. Lorſque le ſoleil eſt dans les ſignes nords, il ſe leve le premier jour avec 13 degrés d'amplitude nord enſuite il vient au meridien avec 10 degrés de déclinaiſon, ou avec une hauteur de 80 degrés: marchant dans la ſpirale, il ſe couche avec 18 degrés d'amplitude nord. Le jour ſuivant il ſe leve avec 35 ½ degrés d'amplitude nord, il arrive au meridien avec 42 ½ degrés de déclinaiſon, (ou à la hauteur de 47 ½ degrés) & il ſe couche avec 50 ½ degrés d'amplitude nord. Le troiſiéme jour il ſe leve avec 67° d'amplitude nord, vient au meridien avec une déclinaiſon de 75°, (qui eſt la plus grande declinaiſon, & alors ſa hauteur n'eſt que de 15°) & il ſe couche avec une amplitude nord de 67 degrés revenant vers l'équateur. Le quatriéme jour il ſe leve avec amplitude nord de 50 ½ degrés, arrive au meridien avec 35 ½ degrés de déclinaiſon, (ou avec 47 ½ degrés de hauteur) & ſe couche avec 35 ½ degrés de déclinaiſon nord. Le cinquiéme jour il ſe leve avec 18 degrés d'amplitude nord, vient au meridien avec 10° de déclinaiſon, (ou 80 de hauteur) & ſe couche avec 3° d'amplitude nord.

N. B. *Ces apparences depuis 3 degrés d'amplitude nord du ſoleil à ſon premier lever le premier jour, juſqu'à 3° d'amplitude nord à ſon coucher le cinquiéme jour arrivent durant ⅛ d'une revolution diurne de plus que la moitié d'une révolution annuelle de* Venus.

13. LES mêmes phénoménes arrivent *mutatis mutandis*, lorſque le ſoleil eſt dans les ſignes ſud.

Notes sur la VI. Leçon.

14. Les phénoménes de l'endroit de l'équateur où le ſoleil eſt au zenith à midi, le premier jour qu'il commence ſa demie année ſeront les ſuivans. Le premier jour le ſoleil ſe leve à environ 8 $\frac{1}{4}$ degrés ſud depuis l'eſt, arrive au meridien dans le zenith ſans déclinaiſon, & ſe couche environ 8 $\frac{1}{4}$ degrés nord depuis l'oueſt. Le ſecond jour il ſe leve avec 24 $\frac{1}{4}$ degrés d'amplitude nord, arrive au meridien avec 32 $\frac{1}{2}$ degrés de déclinaiſon, (ou 57 $\frac{1}{2}$ degrés de hauteur) & ſe couche avec 40 $\frac{1}{4}$ degrés d'amplitude nord. Le troiſiéme jour il ſe leve avec 56 $\frac{1}{4}$ degrés d'amplitude nord, vient au meridien avec 65° de déclinaiſon, (ou 25° de hauteur) & ſe couche avec 73 $\frac{1}{2}$ degrés d'amplitude nord. Le quatriéme jour le ſoleil ſe leve avec 62 $\frac{1}{2}$ degrés d'amplitude nord, vient au meridien avec 52 $\frac{1}{2}$ degrés de déclinaiſon, (ou 37 $\frac{1}{2}$ degrés de hauteur) & ſe couche avec 40 $\frac{1}{2}$ degrés d'amplitude nord. Le cinquiéme jour le ſoleil ſe leve avec environ 27° d'amplititude nord, vient au meridien avec 20° de déclinaiſon, (ou à 70° de hauteur) & ſe couche avec 12° d'amplitude nord. Cela arrive lorſque le ſoleil eſt dans les ſignes nord, de même *mutatis mutandis*, lorſqu'il eſt dans les ſignes ſud.

De tout cela il ſuit qu'il n'y a point de ſphére droite ou paralléle ſur ce globe; le mouvement apparent du ſoleil étant très-oblique à un obſervateur au pole ou à l'équateur, auſſi-bien que dans tout autre endroit.

15. A l'égard du mouvement annuel, le ſoleil paroît parcourir chaque ſigne du zodiaque en 18 jours, & preſque $\frac{1}{3}$ de nos jours terreſtres; ce qui fait un peu plus que $\frac{3}{4}$ d'un jour de Venus.

16. Si l'on veut me permettre de conſiderer les cauſes finales, voici mes conjectures. Peut-être que l'inclinaiſon de l'axe de *Venus*, & le nombre impair de 9 $\frac{1}{4}$ jours dans ſa révolution annuelle qui donne au ſoleil une déclinaiſon ſi grande & ſi prompte, ont été ainſi reglés pour empêcher les effets trop grands de la chaleur du ſoleil, (qui à raiſon de la moindre diſtance de *Venus*, doit être deux fois plus grande qu'elle n'eſt ſur la terre) en empêchant que le ſoleil ne tombe perpendiculairement ſur les mêmes pays deux jours de ſuite; car ici le ſoleil paroît ne ſuivre la même route qu'une fois dans quatre ans. Outre cela les nuits étant plus longues, donnent le tems au ſol échauffé de la planéte de ſe refroidir.

Si l'on compare ceci avec *Jupiter*, & qu'on le conſidere de même par voye de conjecture, on trouvera que la ſituation de ſon axe & la vîteſſe de ſa révolution autour de cet axe eſt très-bien imaginée pour augmenter l'effet de la chaleur du ſoleil dont la quantité diminue beaucoup par ſa diſtance. La chaleur du ſoleil dans *Jupiter* n'eſt que $\frac{1}{27}$ de ce qu'elle eſt ſur la terre; mais alors comme l'axe de *Jupiter* eſt perpendiculaire à ſon écliptique, le ſoleil éclaire perpendiculairement ou à fort peu près, ſur la plus grande partie de la ſurface de *Jupiter*, en ſorte que par ſa lumiere conſtante dans le même endroit, il doit avec le tems l'échauffer ſuffiſamment; & peut-être que les *bandes* de *Jupiter* ne ſont que des vapeurs élevées de ſon terrein échauffé. La prompte révolution de *Jupiter* autour de ſon axe qui rend le jour un peu moins long que cinq heures, ne donne pas aux parties qui ont été échauffées pendant le jour, le tems de ſe refroidir trop vîte pendant la nuit.

Si l'on dit qu'auprès des poles de *Jupiter* il doit y faire bien froid, je répons que le soleil les éclaire tous les jours, ce qui n'eſt pas le cas de notre terre où les nuits ſont longues de la moitié d'une année, & peut-être que les parties polaires ſont habitées par des animaux différens de ceux qui vivent dans les zones torrides & temperées. Notes ſur la Ve. Leçon.

La machine qui fait voir méchaniquement comment les planétes & les cométes par un rayon mené du ſoleil, décrivent des aires proportionnelles aux tems, & que j'ai promiſe dans la 6e note ſur la Leçon 5. appartient au Planétaire : *Ainſi je vais la décrire ici.* Voyez *Planche 29. Figures 7 & 8.*

La 7e. *Figure* repréſente la ſurface ſupérieure d'un chaſſis de bois ou d'une caiſſe d'horloge à roües, liée par quatre vis. ETFV eſt une platine circulaire d'argent diviſée en 88 parties (le nombre 88 étant celui des jours du tems periodique de mercure) avec une manivelle HG & un *index* GE. JKPPLM eſt une platine ovale d'argent diviſé en un même nombre de parties que la platine circulaire, avec un canal ou rainure pour y faire mouvoir une petite balle ou planéte P. S repréſente le ſoleil dans l'un de ſes *foyers*, L le *perihelie*, & J l'*aphelie*. SO eſt un *index* d'acier qui paſſant par la planéte P, la porte dans le canal elliptique, avec une vîteſſe réciproquement proportionnelle à ſa diſtance de S. La partie SP de cet *index* qui eſt interceptée entre le ſoleil & la planéte où entrent S & P, repreſente le *rayon vecteur*, (dont on a déja parlé) qui devient continuellement plus court à meſure que la planéte vient de l'*aphelie* au *perihelie*, & qui s'allonge par degrés à meſure que la planéte va du *perihelie* à l'*aphelie*. La partie PO de l'*index* qui va au-delà de la planéte, & dont l'extrémité O décrit le cercle OQRJN, n'eſt d'aucune conſéquence dans notre conſideration aſtronomique. Si une planéte (comme par exemple Mercure) ſe meut dans une orbite circulaire, concentrique au ſoleil, elle décrira non-ſeulement des aires égales en tems égaux, mais auſſi des arcs égaux ; enſuite en tournant uniformément la manivelle H, l'extrémité de l'*index* en E repréſentera exactement le mouvement d'une telle planéte ; mais ſi la planéte ſe meut dans une ellipſe qui a dans unde ſes *foyers* le ſoleil, & que le *perihelie* ſoit 6 fois plus proche que l'*aphelie*, la planéte partant de l'*aphelie* J, aura un mouvement acceleré dans la direction JKPL, & depuis L elle aura un mouvement retardé paſſant de M en J, & ainſi dans toutes ſes révolutions elle changera continuellement de vîteſſe, décrivant des aires égales en tems égaux. On en fait l'égalité & on la prouve de la maniere ſuivante. La planéte P avec ſon *index* qui la traverſe, étant portée en J, placez l'*index* GE en E ; enſuite par le moyen la manivelle H, portez l'*index* à 10 degrés, ou de E en T, & vous verrez en même-tems que la planéte dans l'ellipſe n'ira que de J en K à $3\frac{1}{2}$ diviſions, le *rayon vecteur* s'étant mû de SJ en SK, par ou l'*aire* SJK a été décrite. Enſuite ſi la planéte eſt placée au *perihelie* L (ou l'on pourra la porter en tournant la manivelle H juſqu'à ce que l'*index* arrive en F) le *rayon vecteur* ſur l'ellipſe ſera alors SL : & ſi l'*index* de la platine circulaire qui repréſente le tems du mouvement, eſt porté en avant depuis F (44 degrés) en V

Notes sur la Ve. Leçon.

(54 degrés) la planéte décrira depuis L tout l'arc L M, ou 20 degrés, en marchant 6 fois plus vîte qu'elle ne faiſoit au commencement depuis J, & le *rayon vecteur* décrivant l'*aire* S L M d'autant plus grande que S J K, que S L eſt plus court que n'eſt S J, ce qui rend cette derniere *aire* S L M égale à la premiere S J K, & la vîteſſe de la planéte en raiſon réciproque de la diſtance. Si l'on prend un lieu intermédiaire dans la courbe de l'ellipſe, par exemple, le point *p*, pendant que l'*index* ſur la platine circulaire ſe meut de 10 degrés, la planéte décrira l'arc elliptique *p* P, & le *rayon vecteur* décrira l'aire *p* S P égale aux aires précedentes.

Maintenant pour faire voir l'artifice de la machine, il faut ôter la planche ſupérieure du chaſſis, comme dans la *Figure* 8. où les platines circulaires & ovales, la manivelle de la planéte & les aiguilles ne ſont repreſentées que par des lignes ponctuées pour marquer leurs places. Sous la barre ou chevalet V G, il y a deux ovales Q T & O N, qui ſe meuvent l'une autour de l'autre par le moyen d'une corde de boyau qui paſſe dans une rainure ſur leur épaiſſeur, ſe croiſant en K. Ces ovales ont leurs centres de mouvement ſur leurs foyers alternatifs S & J. Le ſoleil & le centre du mouvement du *rayon vecteur* eſt fixé au-deſſus de S. Si l'on place la manivelle en J centre de l'autre ellipſe N O, la partie de la circonference de l'ellipſe Q T, qui touche celle de l'ellipſe N O, ſera portée circulairement avec des vîteſſes proportionnelles aux diſtances de J, ou à la longueur des lignes J K, J 4, J 3, J 2, J 1, &c. qui repréſentent des leviers inégaux. Mais dans la ſituation préſente repreſentée dans la figure, la vîteſſe de la planéte P dans le *perihelie* eſt la plus grande de toutes; car P S étant égale à S K, P à la vîteſſe du point K, qui eſt porté par le plus long levier J K. Lorſque l'ellipſe N O a fait un demi tour, l'ellipſe Q T change de ſituation, ſon point V venant en *s* où il eſt pouſſé par le levier J 1, ſix fois plus court qu'auparavant, & la planéte ayant gliſſé le long de ſon *rayon vecteur* juſqu'à ſon extrémité, eſt au-deſſus du point J de ſon *aphelie* où elle a trois fois moins de vîteſſe. On peut concevoir aiſément le reſte par rapport à la différente ſituation des ovales en examinant avec ſoin la figure. Quant aux deux rouës dont le nombre des dents eſt égal (peu importe quel que ſoit ce nombre) on ne s'en ſert que pour tenir le cercle & l'ovale ſur la ſurface de la machine (*Figure* 7.) à la diſtance convenable, & pour donner à la planéte & à l'*index* de la platine circulaire la même direction.

N. B. *Les ovales de bois & la platine ovale d'argent au-deſſus de la machine doivent être ſemblables; mais il faut que ce ſoient des eſpeces d'ellipſe. J'en ai pris une ici plus excentrique qu'aucune orbite de planéte, uniquement pour rendre les phénoménes plus ſenſibles, quoiqu'elle ne ſoit pas auſſi excentrique que celles des cométes qui auroient paſſé les bornes de la machine.*

FIN de la Deſcription du Planetaire.

TABL

Fig. 1.

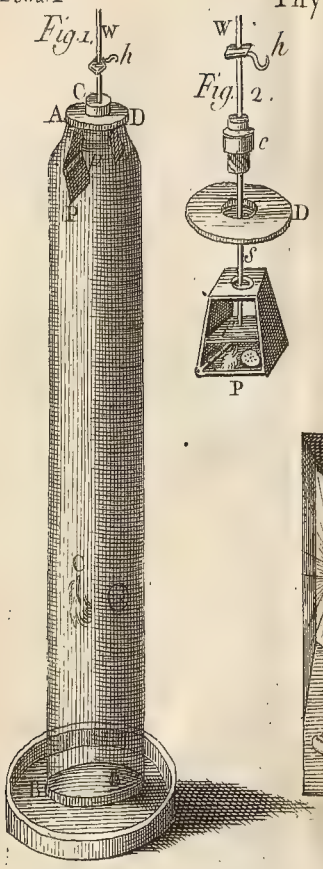
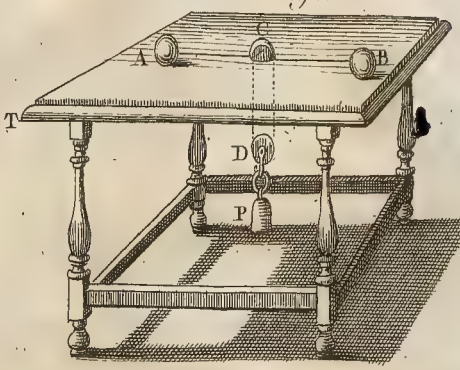


Fig. 2.

Fig. 3.



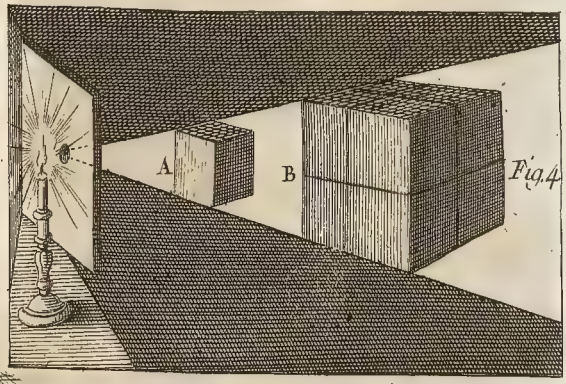


Fig. 4

Fig. 5.

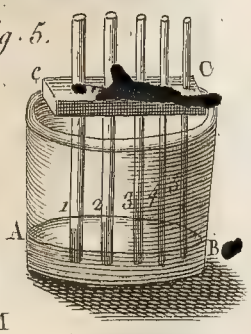
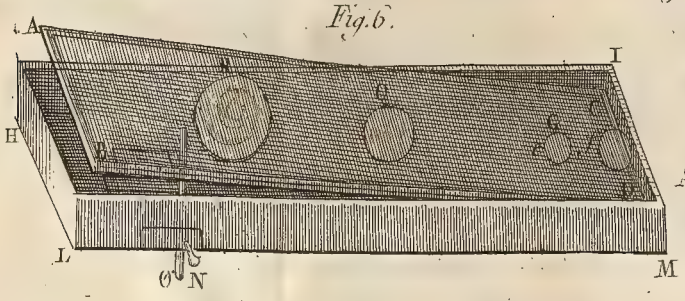


Fig. 6.



N° 1

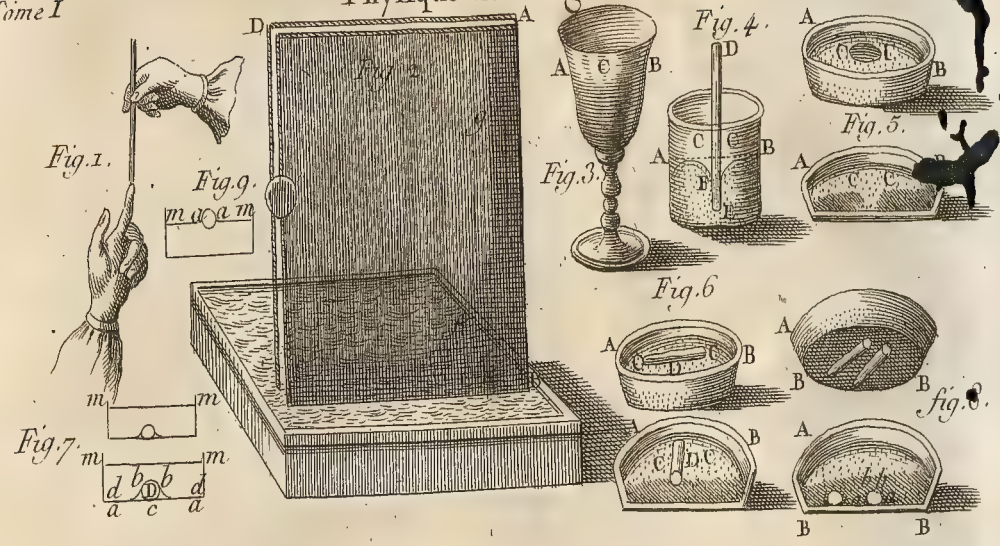


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.

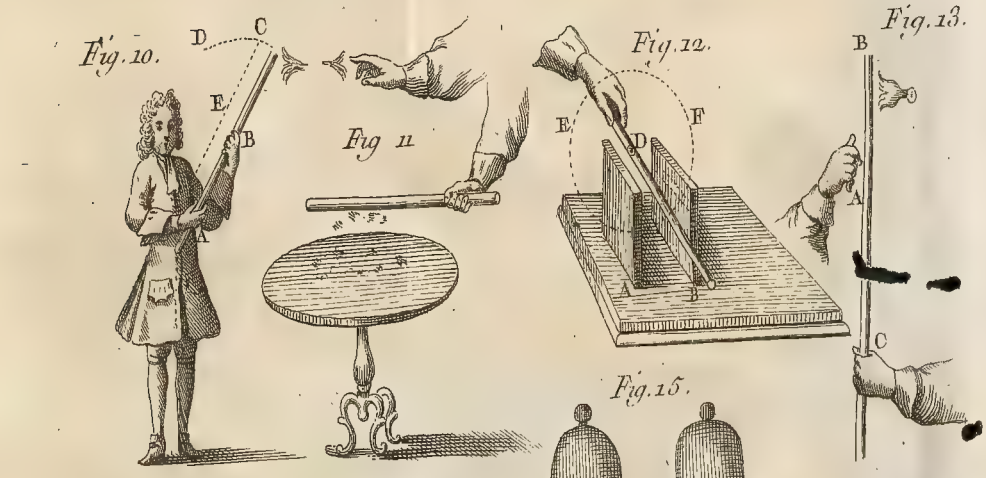


Fig. 10.
Fig. 11
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.

Fig. 1.

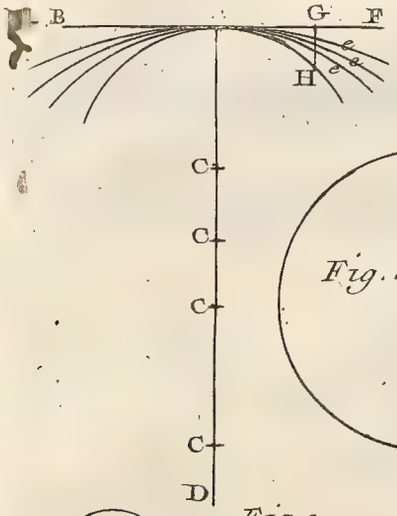


Fig. 2.

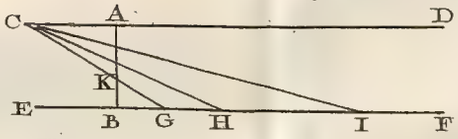
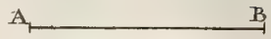


Fig. 3.



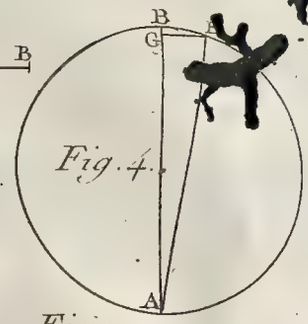


Fig. 4.

Fig. 5.

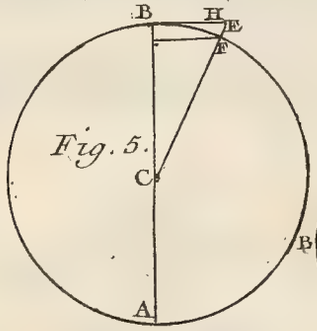


Fig. 6.

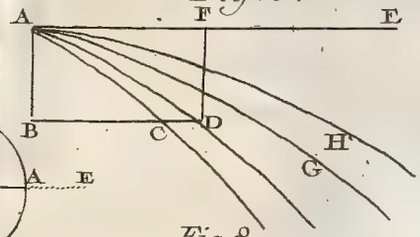
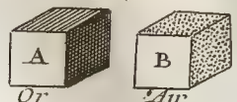


Fig. 7.



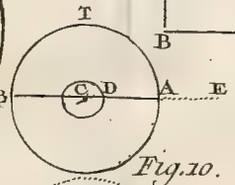


Fig. 10.

Fig. 8.

Un pouce divisé en 200 parties

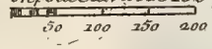
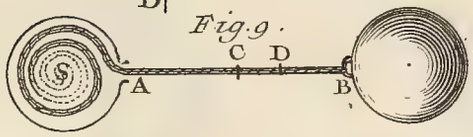


Fig. 9.



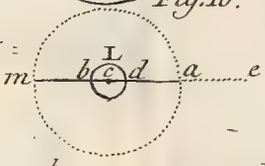


Fig. 11.

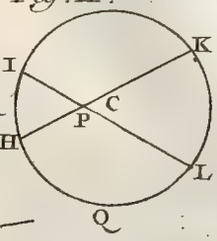
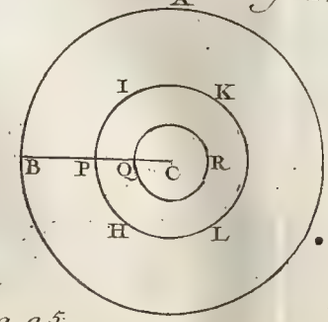


Fig. 12.



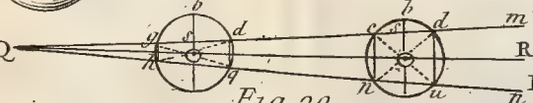


Fig 20

Fig. 13.

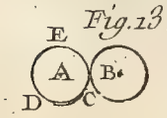


Fig. 14.

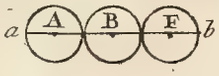


Fig. 15.

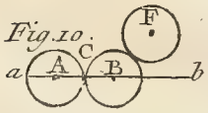


Fig. 16.

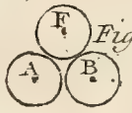


Fig 21

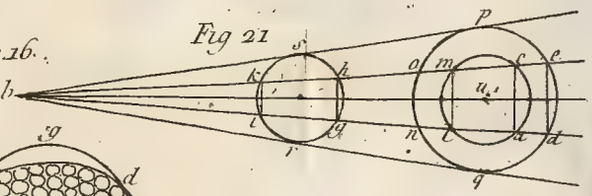


Fig. 17

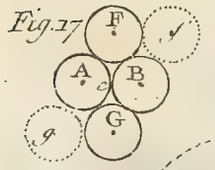


Fig. 18

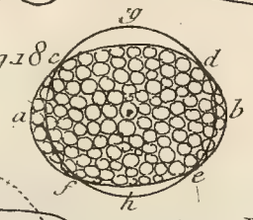


Fig. 25.

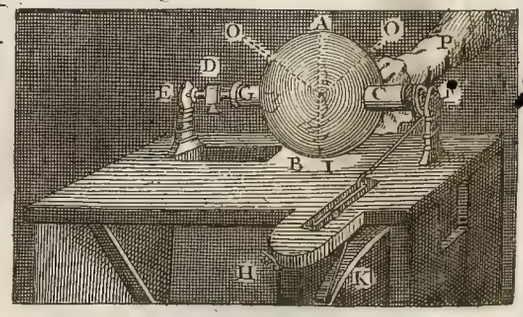


Fig. 19

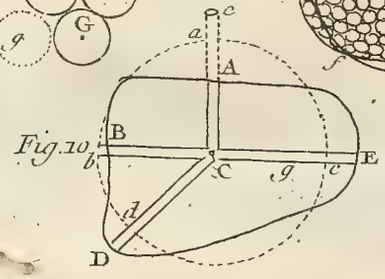


Fig. 22

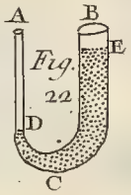


Fig. 23.

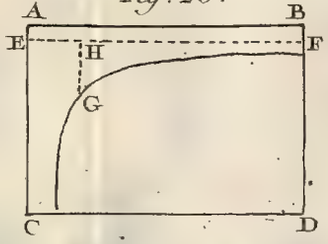
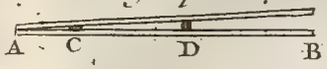


Fig. 24.



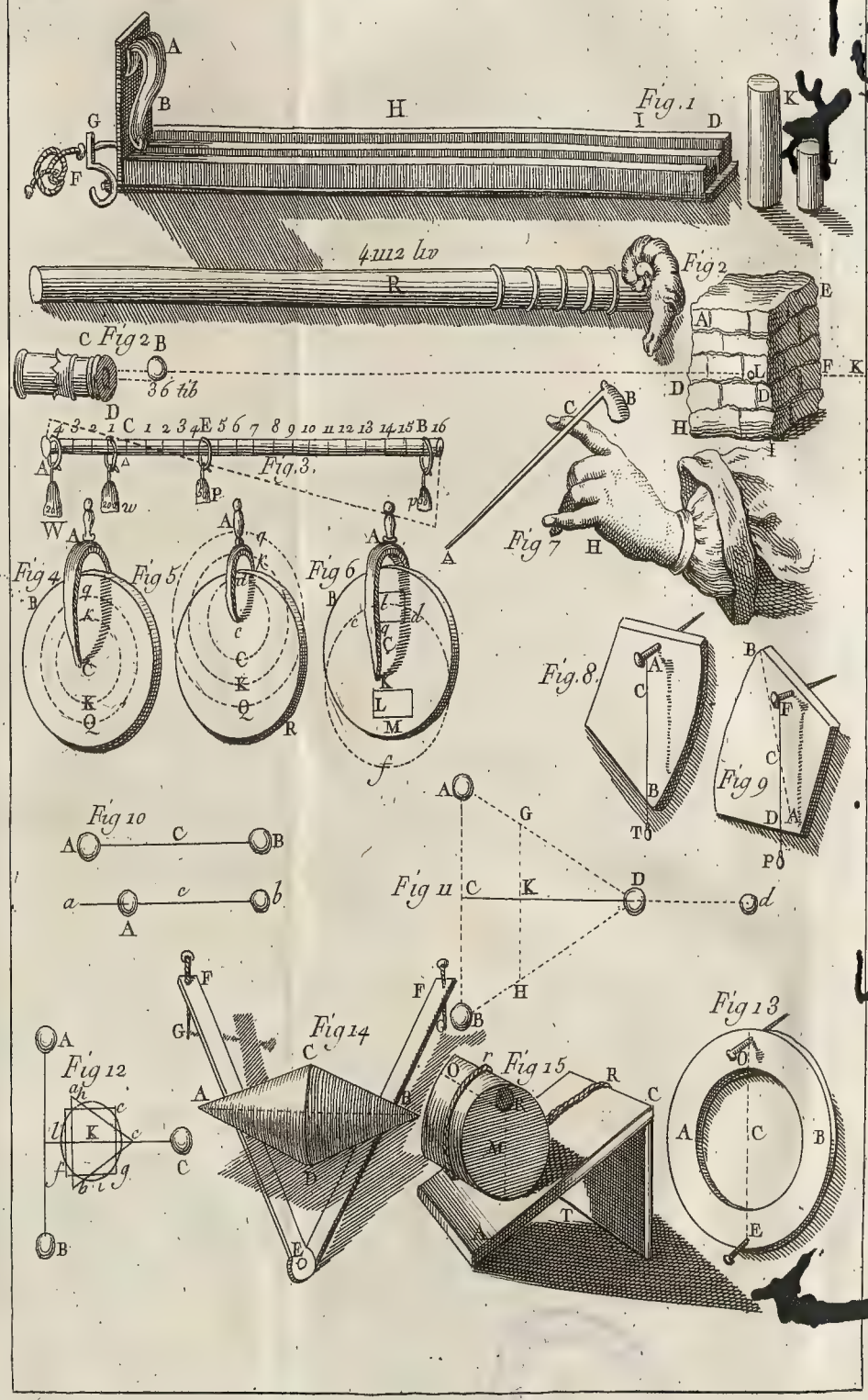
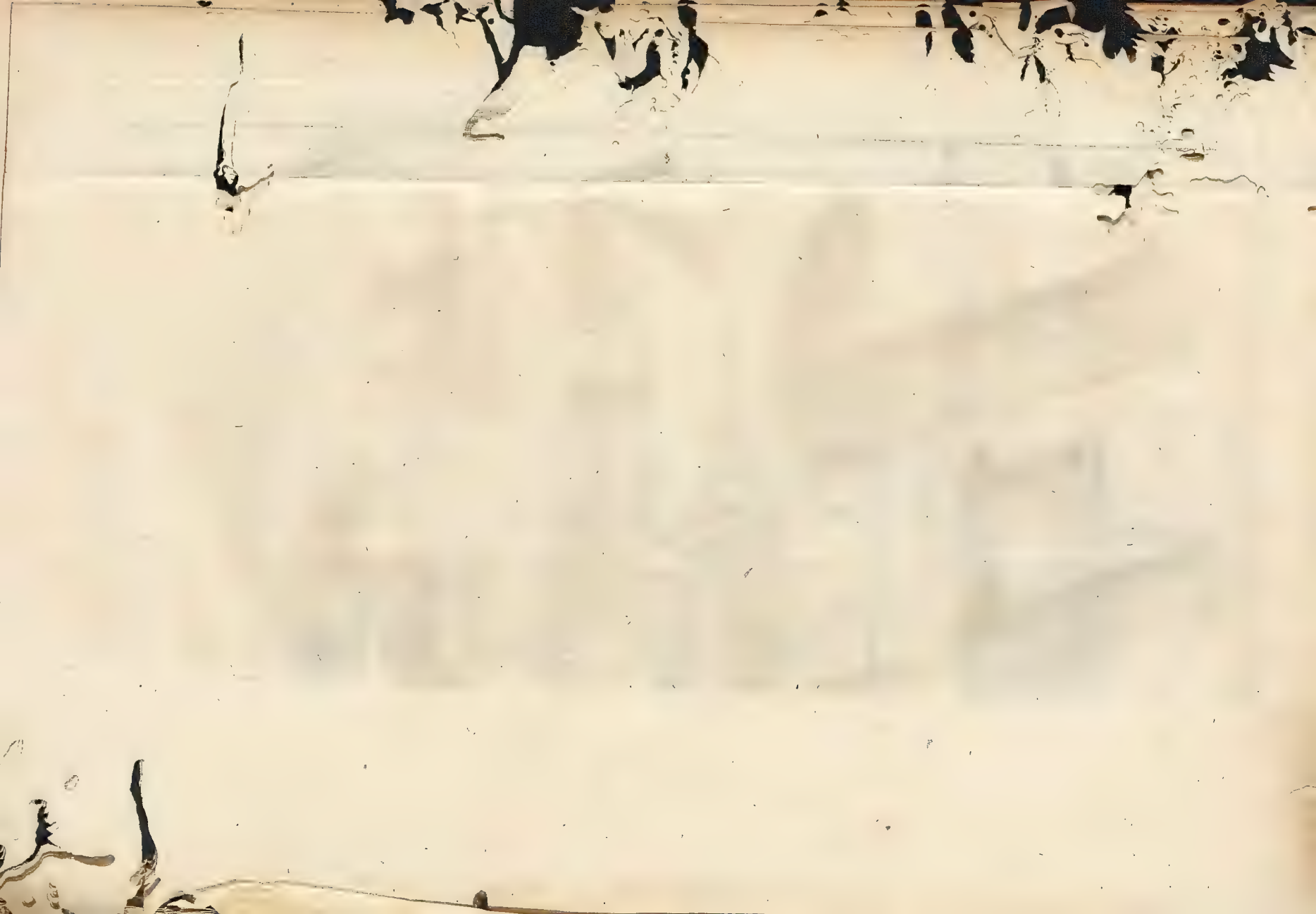


Fig. 1
Fig 2
4 liv
36 tb
Fig. 3.
Fig 4
Fig 5
Fig 6
Fig 7
Fig. 8.
Fig 9
Fig 10
Fig 11
Fig 12
Fig 13
Fig 14
Fig 15



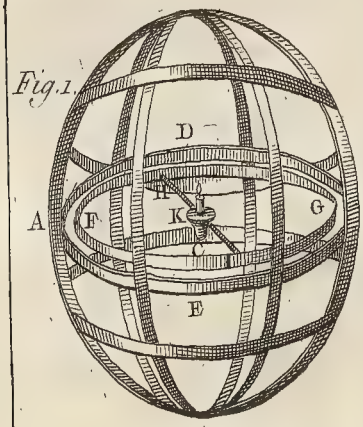
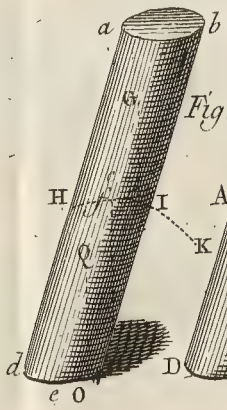
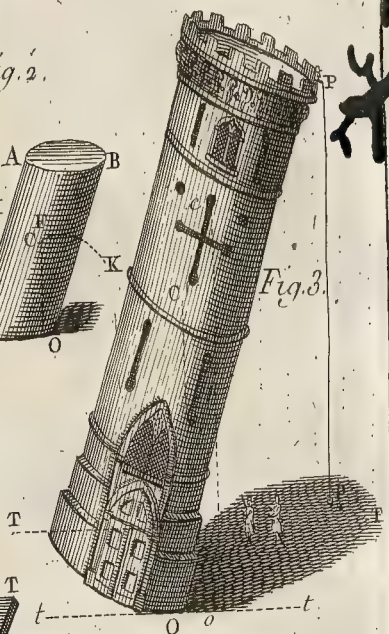
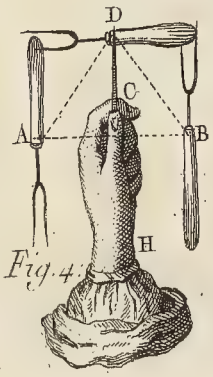
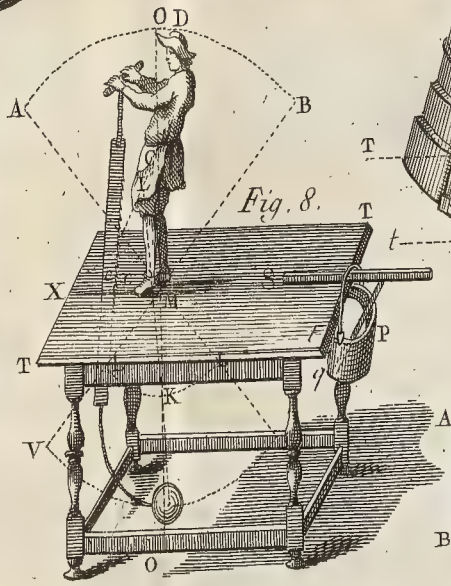


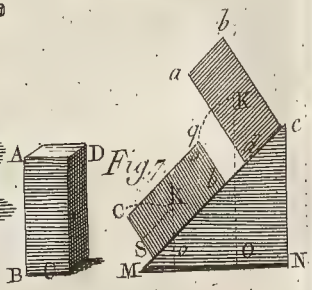
Fig. 1.
D
A
F
K
G
C
E


a
b
Fig. 2.
H
I
Q
d
e
O
A
B
K
D


P
Fig. 3.
T
t
O
o


D
C
A
B
H
Fig. 4.


O
D
A
B
Fig. 8.
T
X
S
P
V
K
O


b
a
K
c
A
D
Fig. 7.
C
B
S
M
N

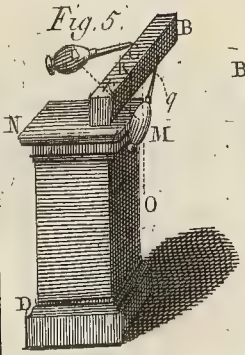
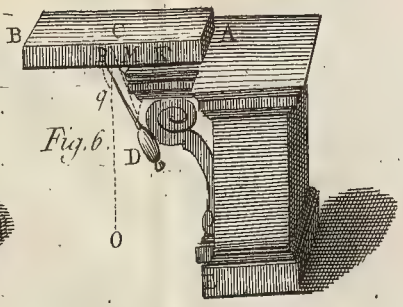


Fig. 5.
B
C
q
N
M
O
D


B
C
A
E
M
q
Fig. 6.
D
O

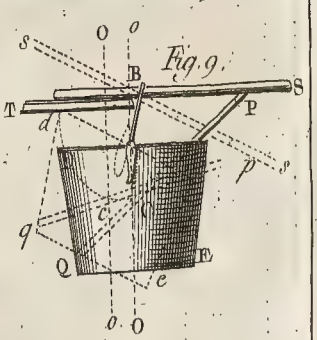

O
o
s
Fig. 9.
B
S
T
d
P
p
q
Q
E
e
o
O

Fig. 3.

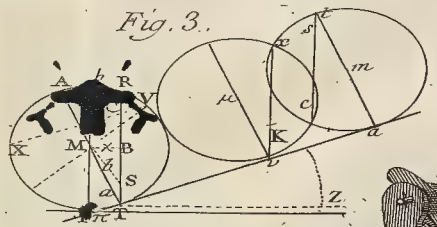


Fig. 4

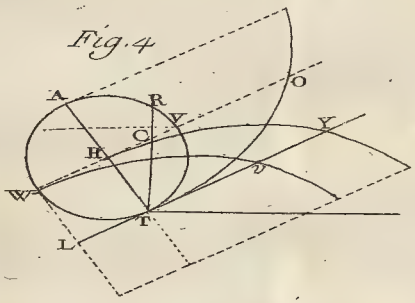


Fig. 5.

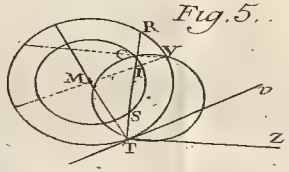
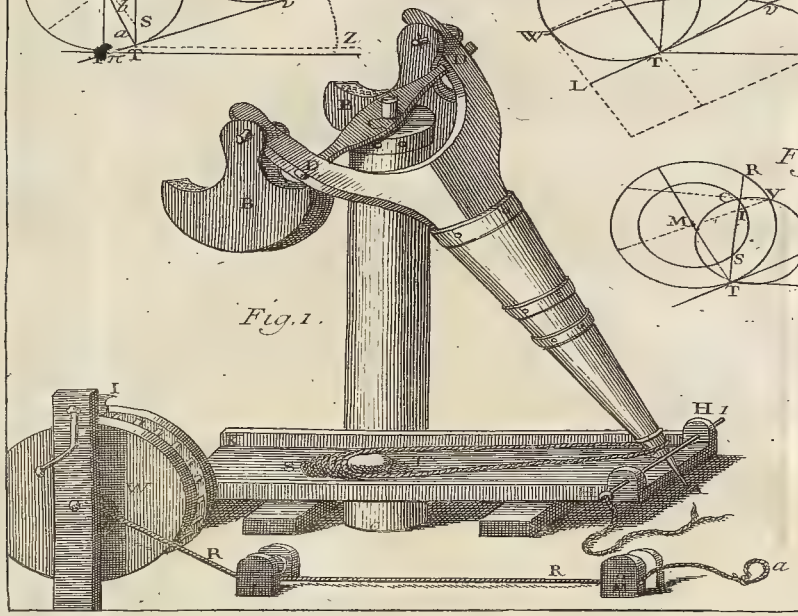


Fig. 1.



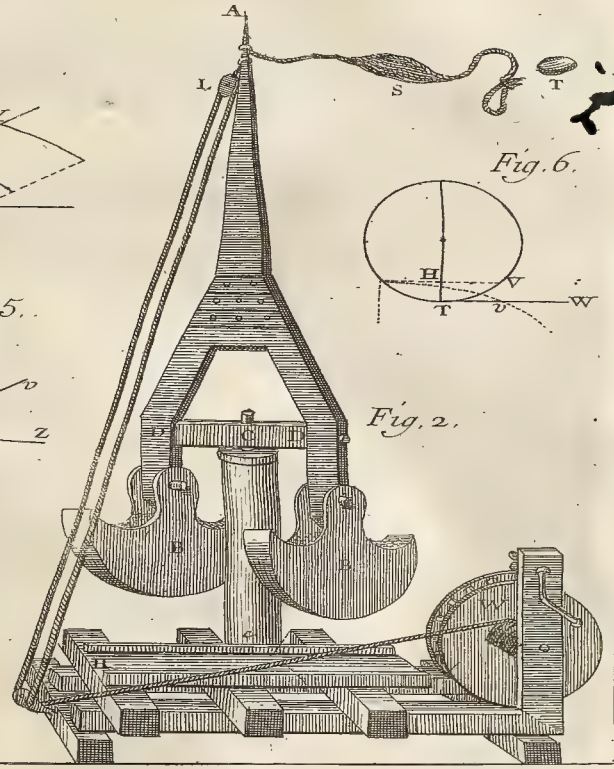


Fig. 6.

Fig. 2.

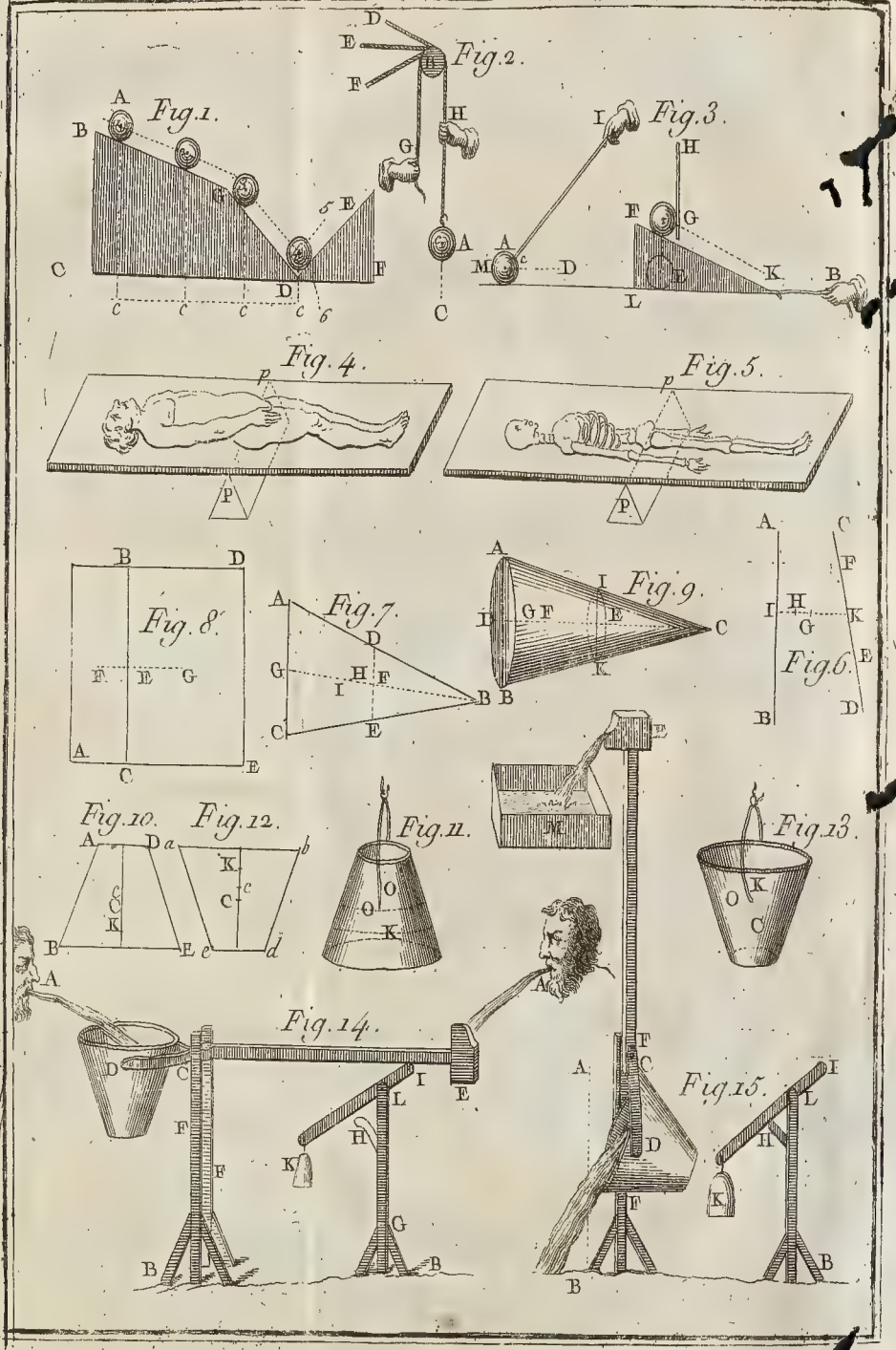


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.

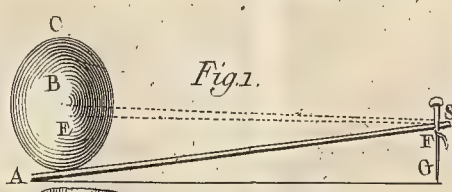


Fig. 1.

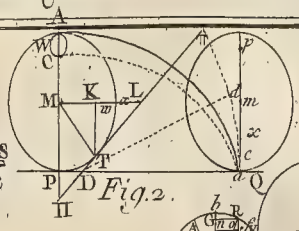


Fig. 2.

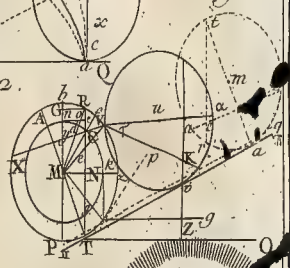


Fig. 3.

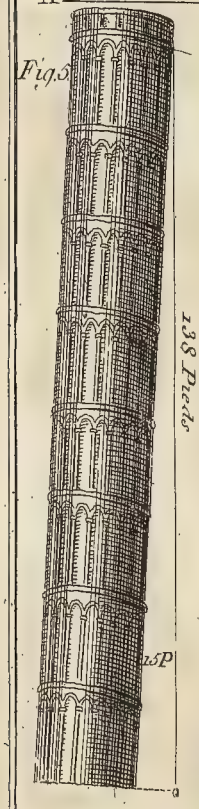


Fig. 5.

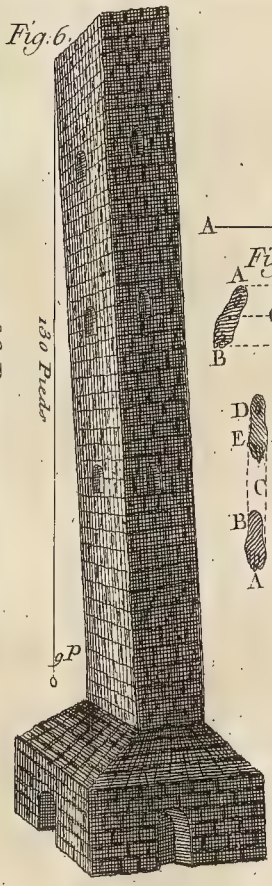


Fig. 6.

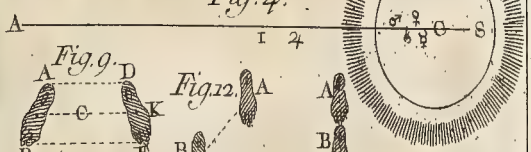


Fig. 4.

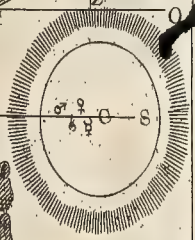


Fig. 9.

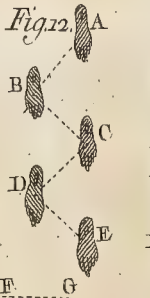


Fig. 12.

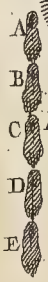


Fig. 11.

Fig. 10.

Fig. 8.

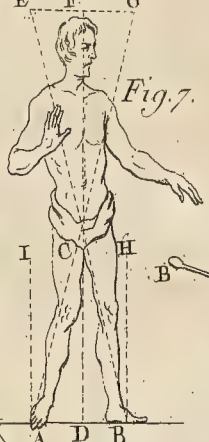


Fig. 7.

Fig. 14.

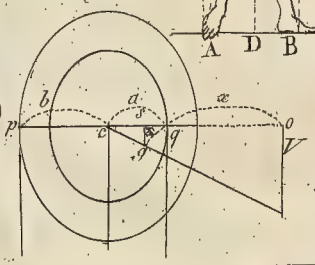


Fig. 15.

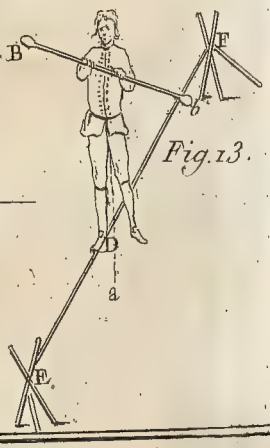


Fig. 13.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

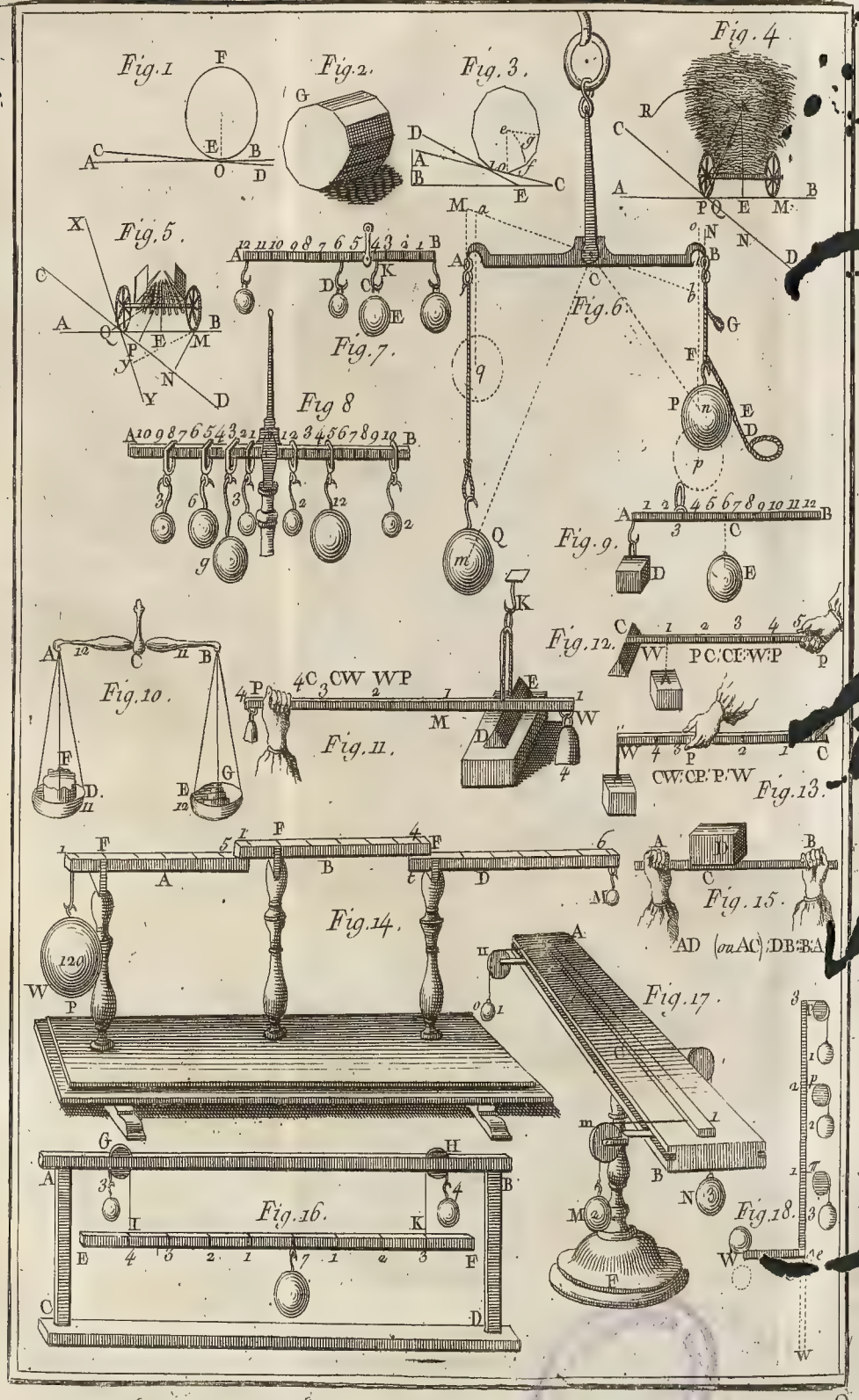


Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig 8
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
AD (ou AC) : DB :: BA
CW : CP :: P : W

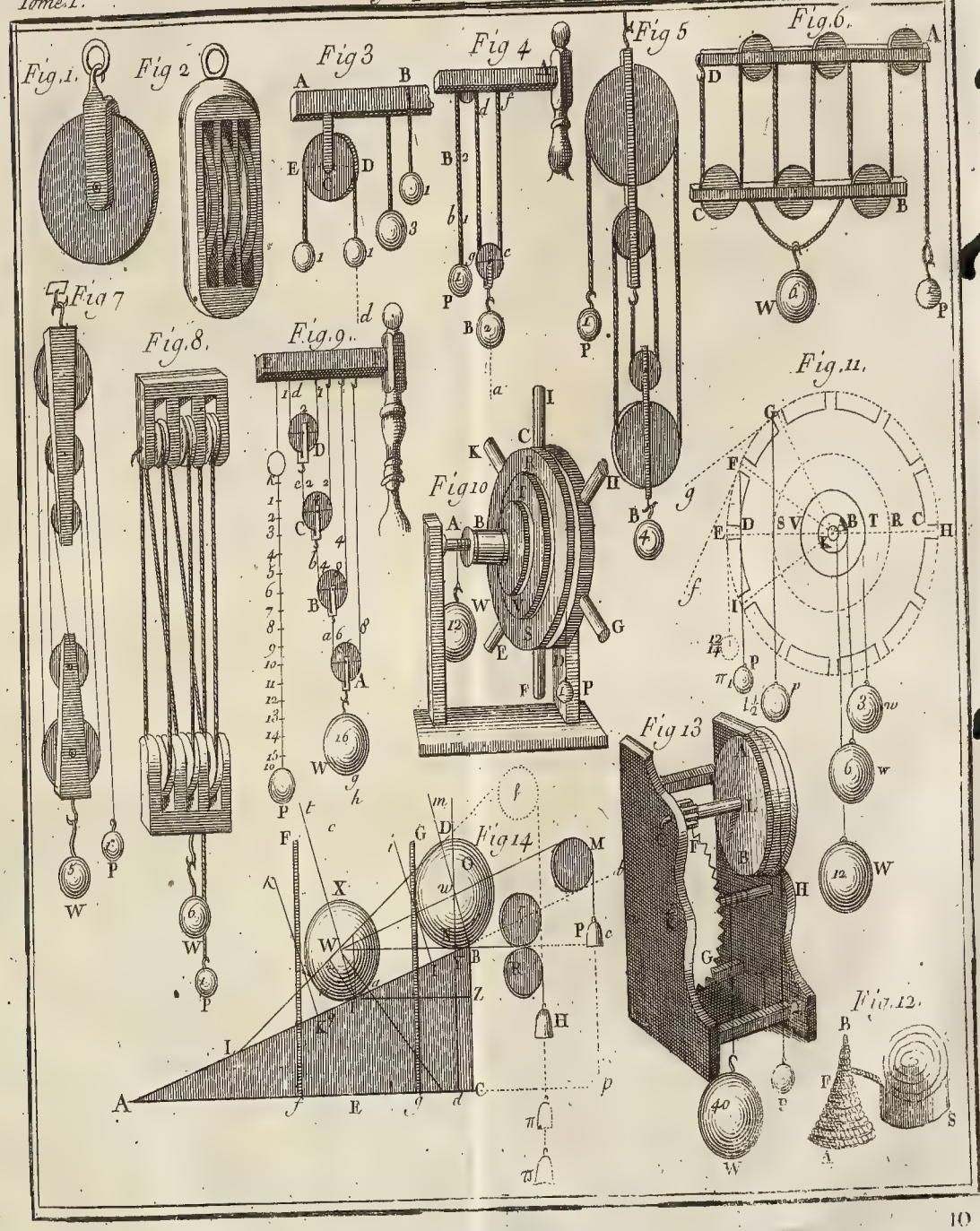


Fig. 1.
Fig 2
Fig 3
Fig 4
Fig 5
Fig. 6.
Fig 7
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig 10
Fig. 11.
Fig 13
Fig 14
Fig. 12.

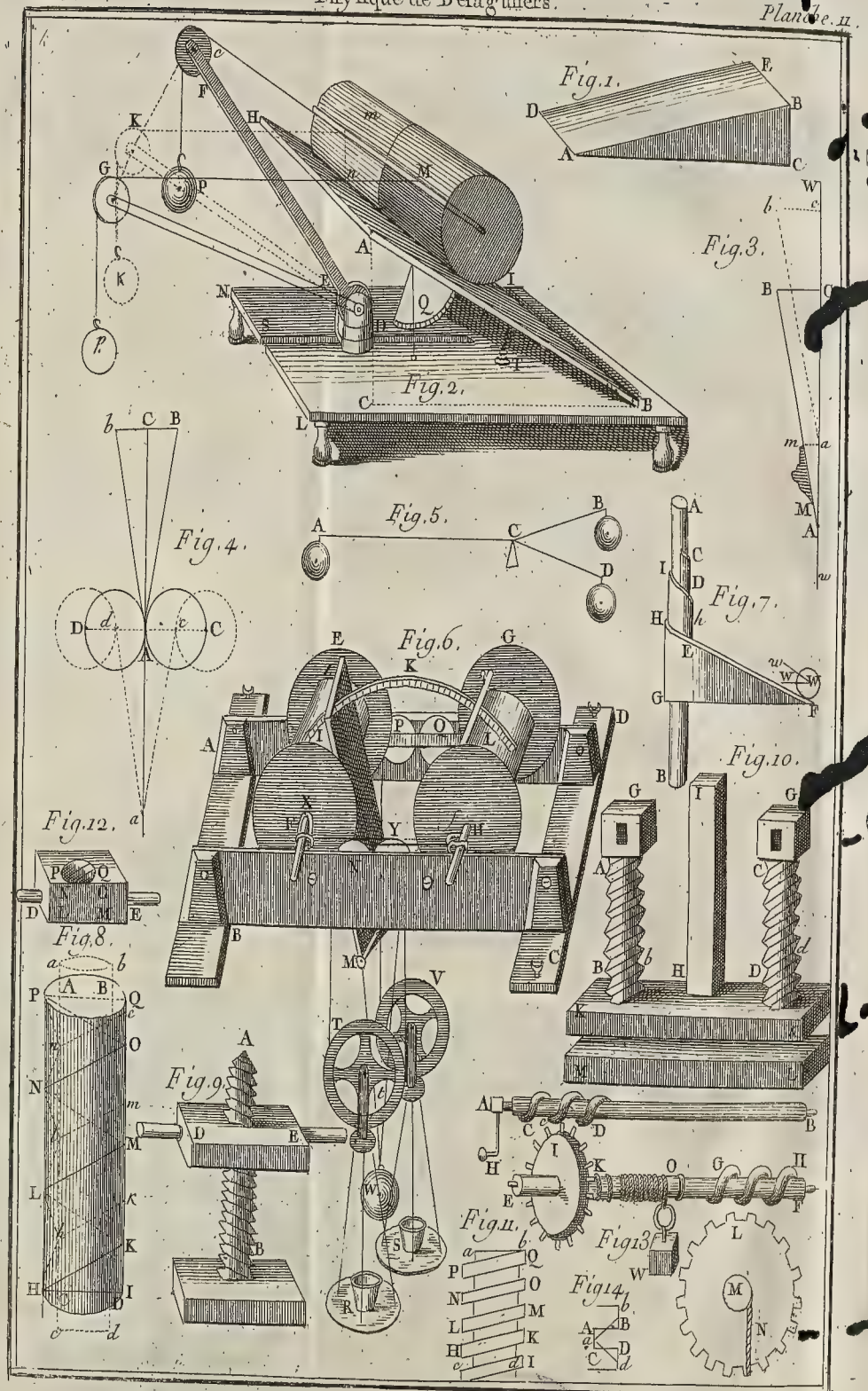


Fig.1.
Fig.2.
Fig.3.
Fig.4.
Fig.5.
Fig.6.
Fig.7.
Fig.8.
Fig.9.
Fig.10.
Fig.11.
Fig.12.
Fig.13.
Fig.14.

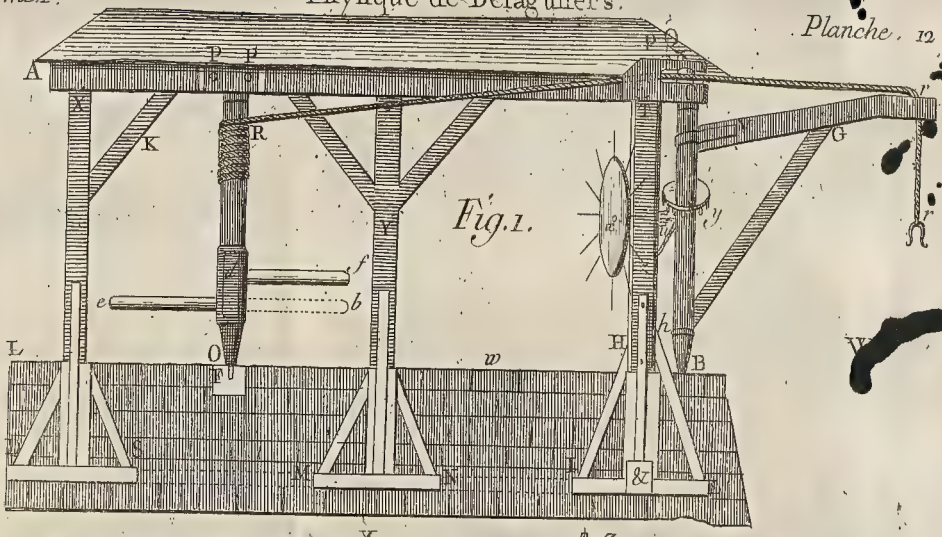


Fig. 1.

Fig. 2.

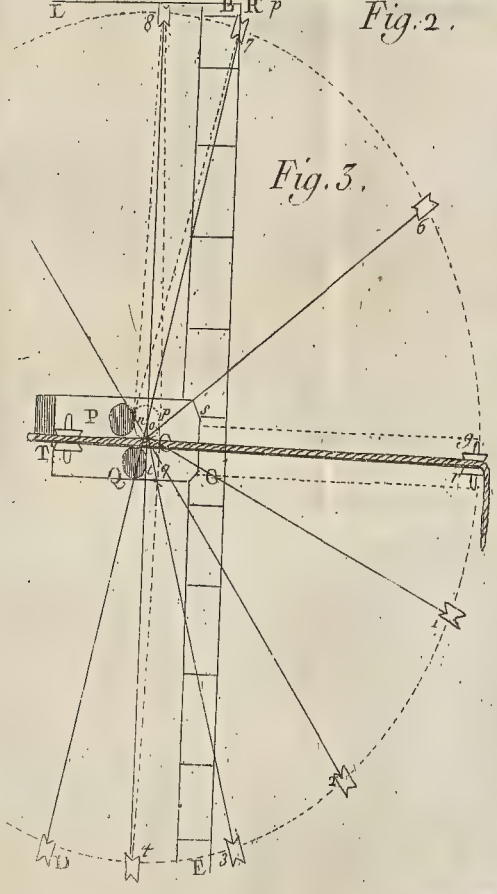


Fig. 3.

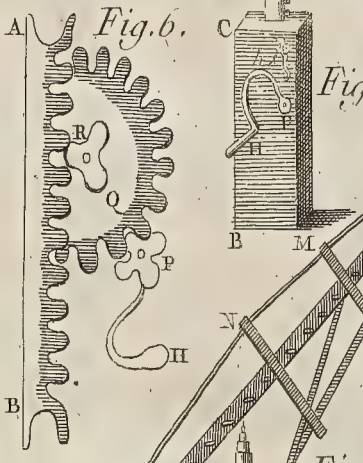


Fig. 6.

Fig. 5.

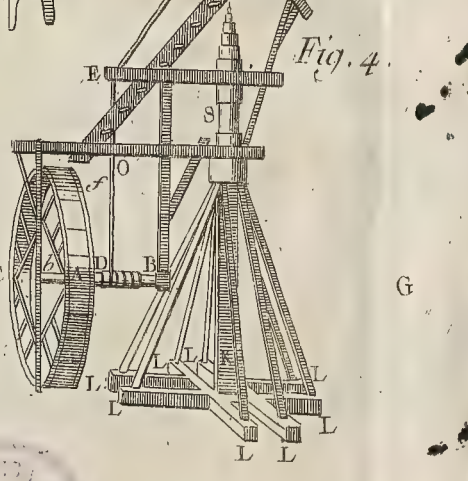


Fig. 4.

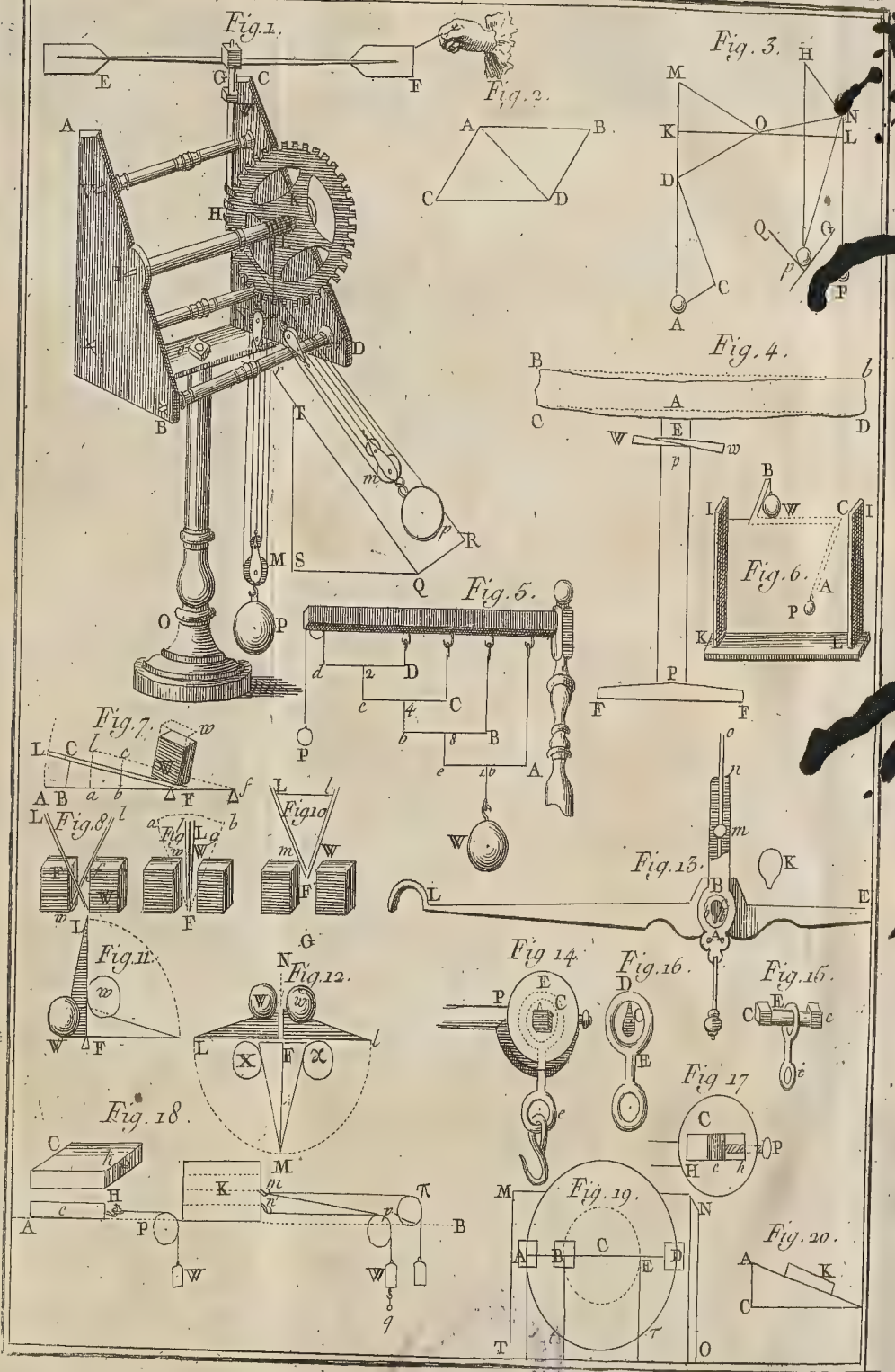


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 10
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig 17
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.

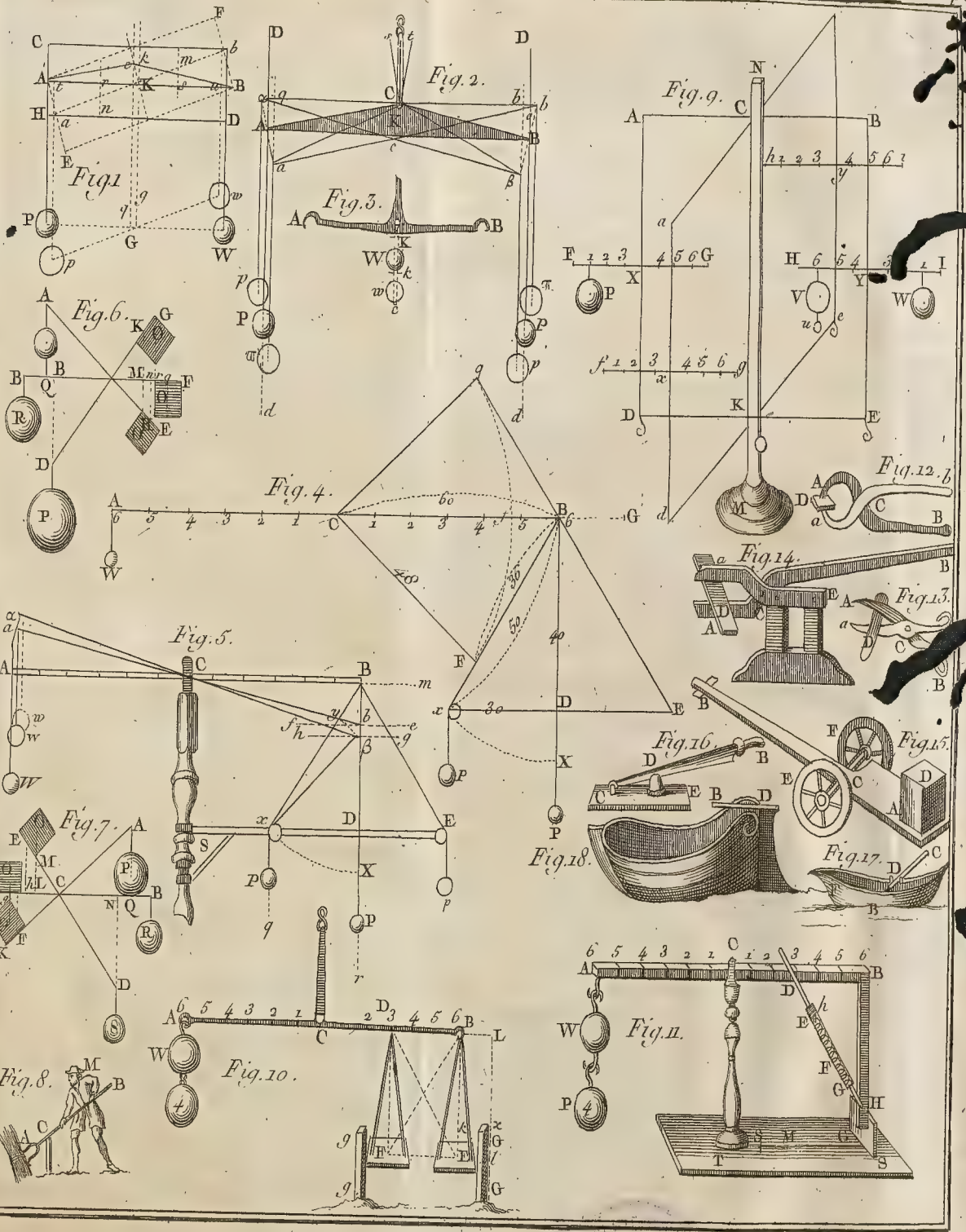


Fig. 1
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.

Phyſique de Deſaguliers.

Fig. 1.

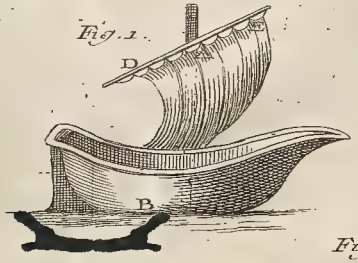


Fig. 2.

Fig. 3.

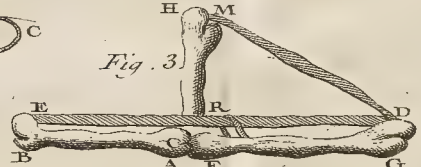


Fig. 4.

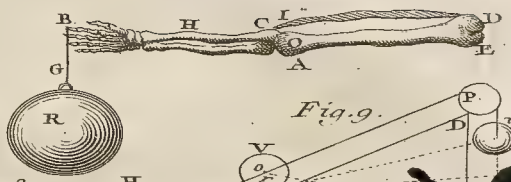


Fig. 5.

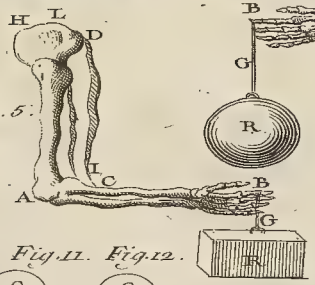


Fig. 6.

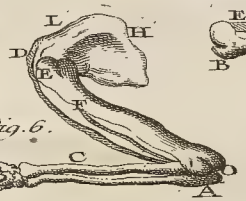


Fig. 7.

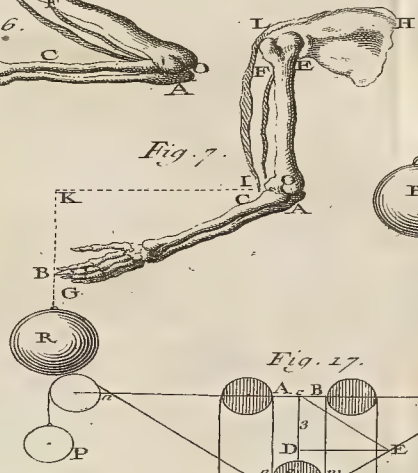


Fig. 8.

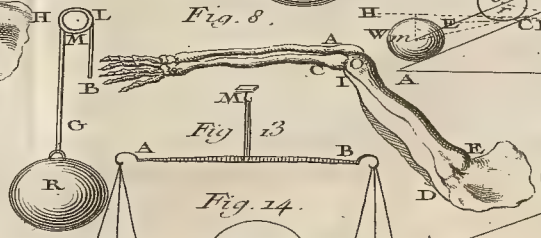


Fig. 9.

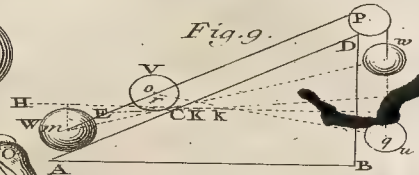


Fig. 10.

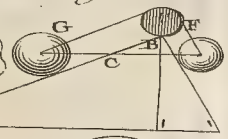


Fig. 11. Fig. 12.

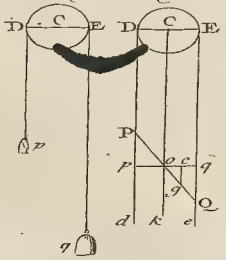


Fig. 13

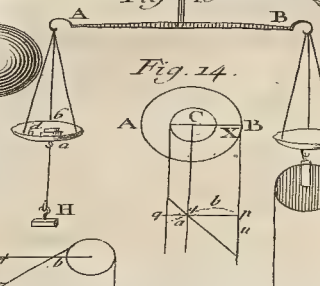


Fig. 14.

Fig. 15.

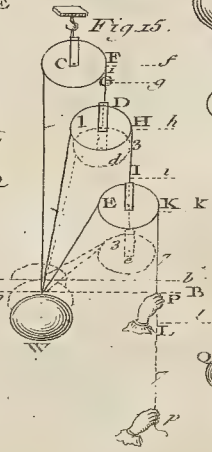


Fig. 16.

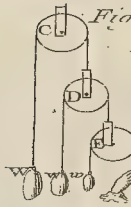


Fig. 17.

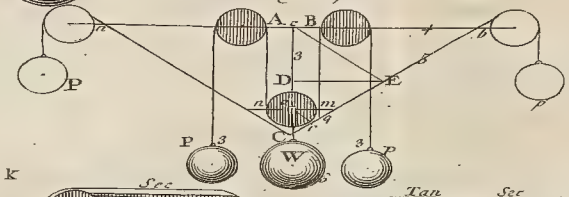


Fig. 18.

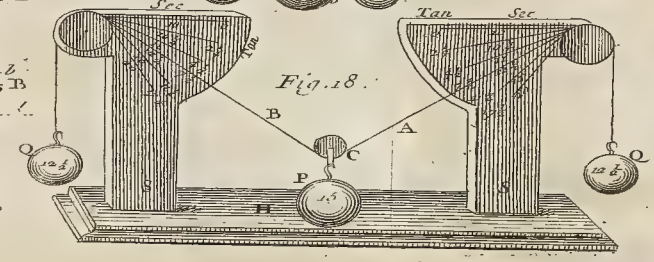


Fig. 19.

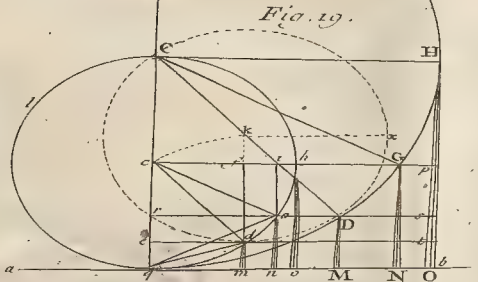
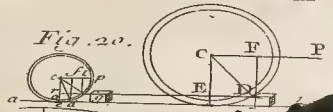


Fig. 20.



Physique de Desaguliers.

Fig 1

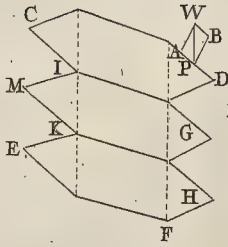


Fig 2.

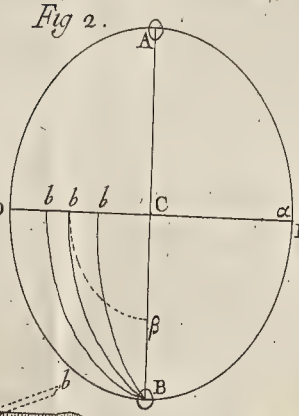


Fig 9

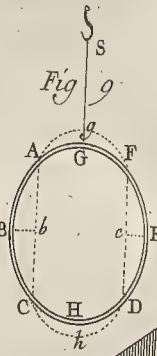
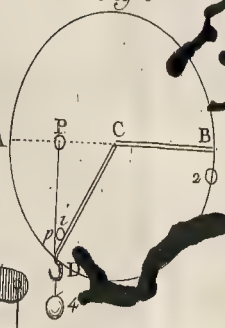


Fig 3



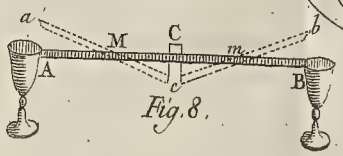


Fig. 8.

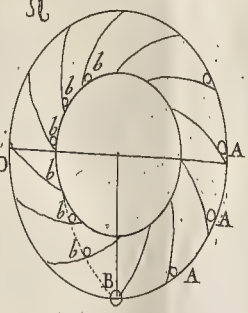


Fig. 4.

Fig. 5.

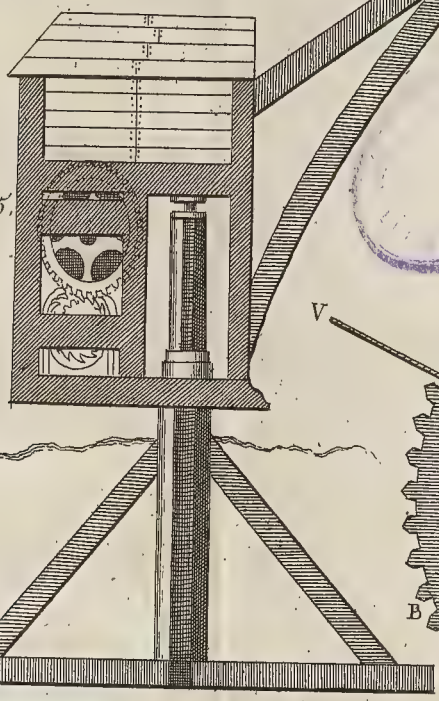


Fig. 6.

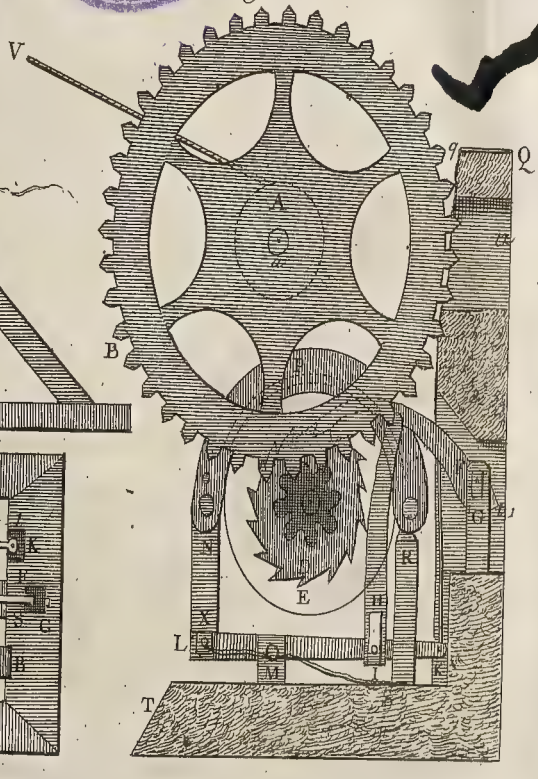


Fig. 7.

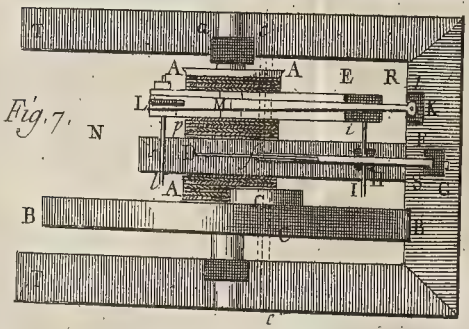


Fig 1

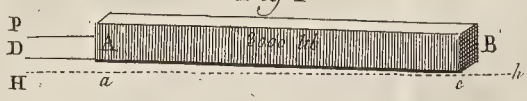


Fig 2

Fig 3

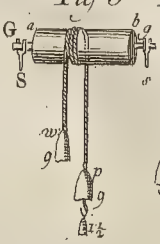


Fig 4

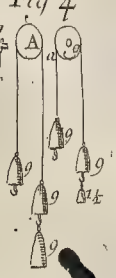


Fig 5

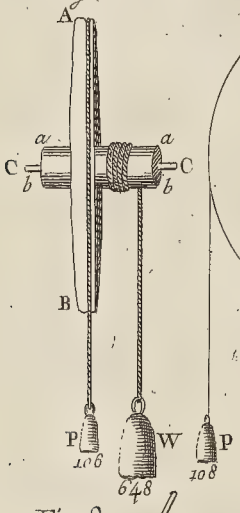


Fig 6

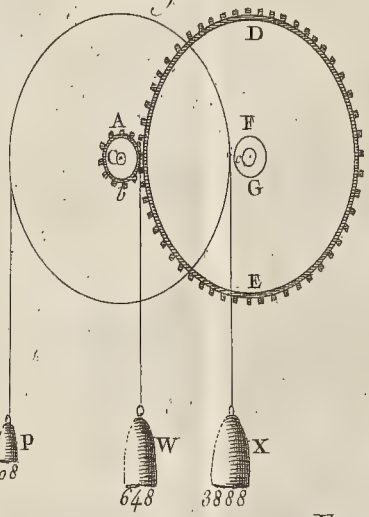


Fig 7

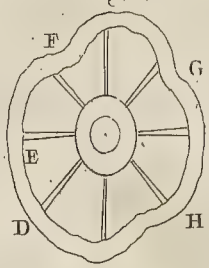


Fig 8

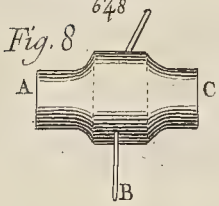


Fig 11

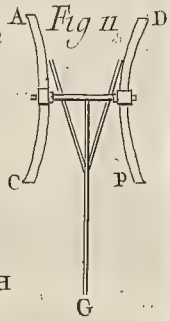


Fig 12

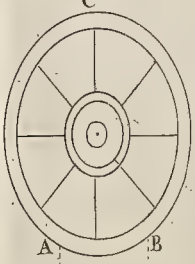


Fig 18

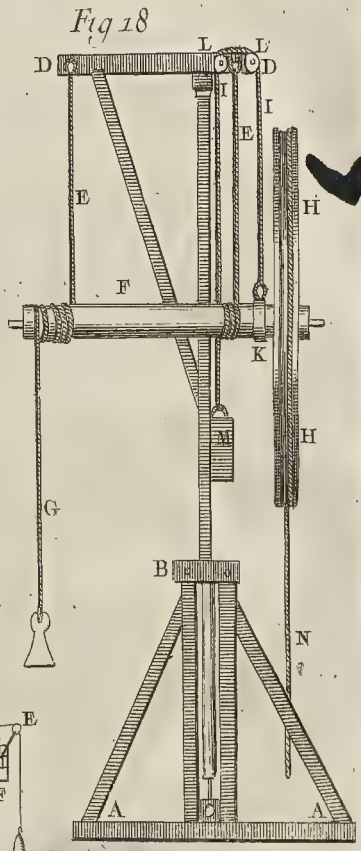


Fig 9

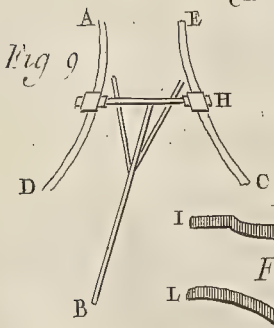


Fig 13

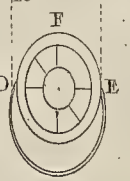


Fig 14

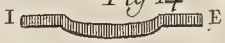


Fig 15

Fig 10

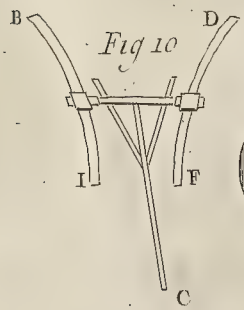
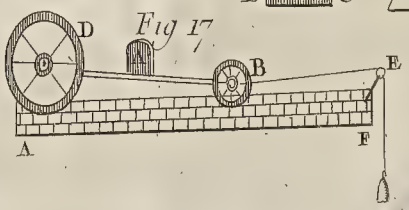


Fig 16

Fig 17



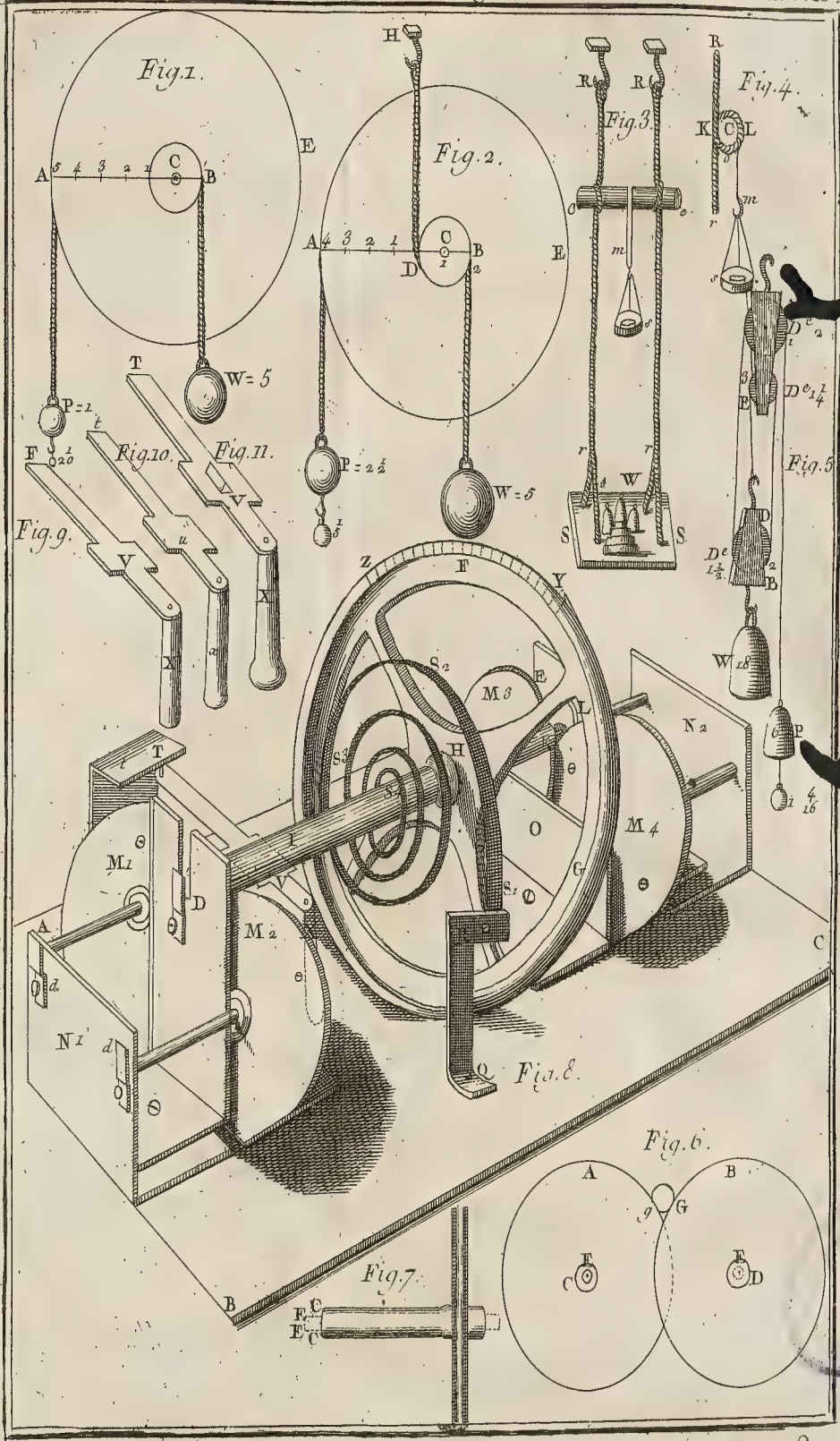


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.

Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.

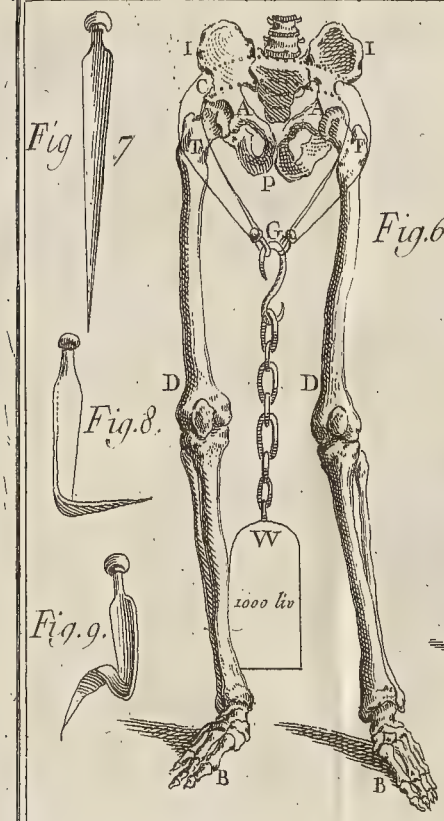


Fig 7

Fig.8.

Fig.9.

Fig.6.

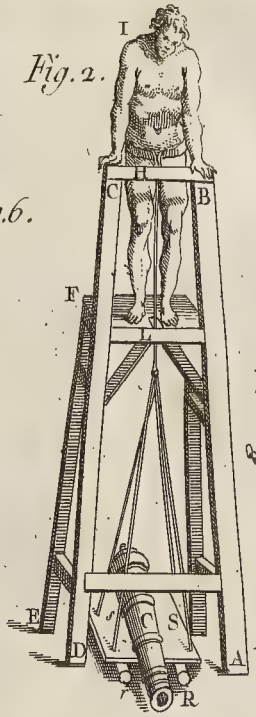


Fig.2.

Fig.1.

Fig 3

Fig.4.

Fig 5

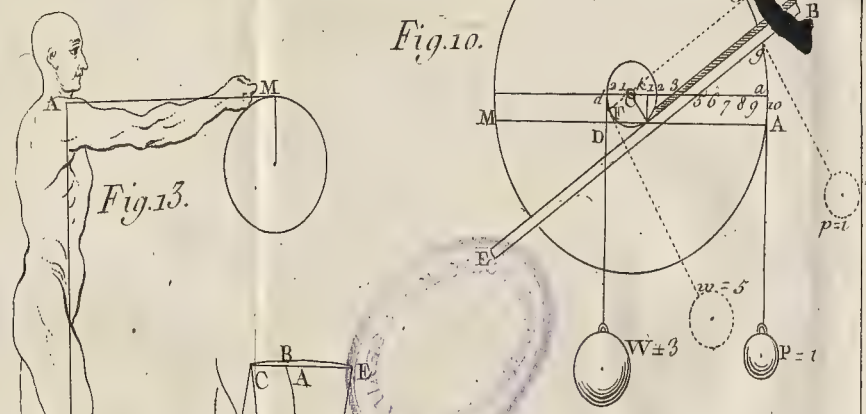


Fig.10.

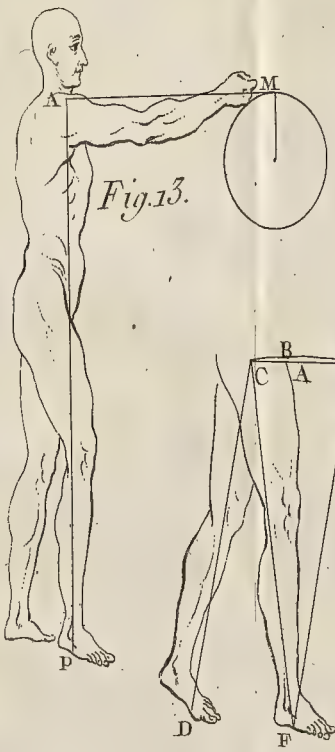


Fig.13.

Fig.12.

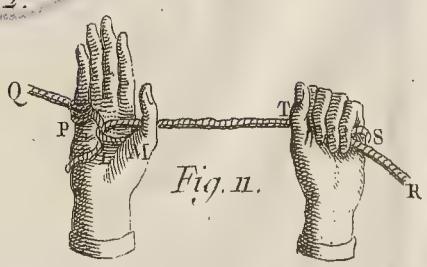


Fig.11.

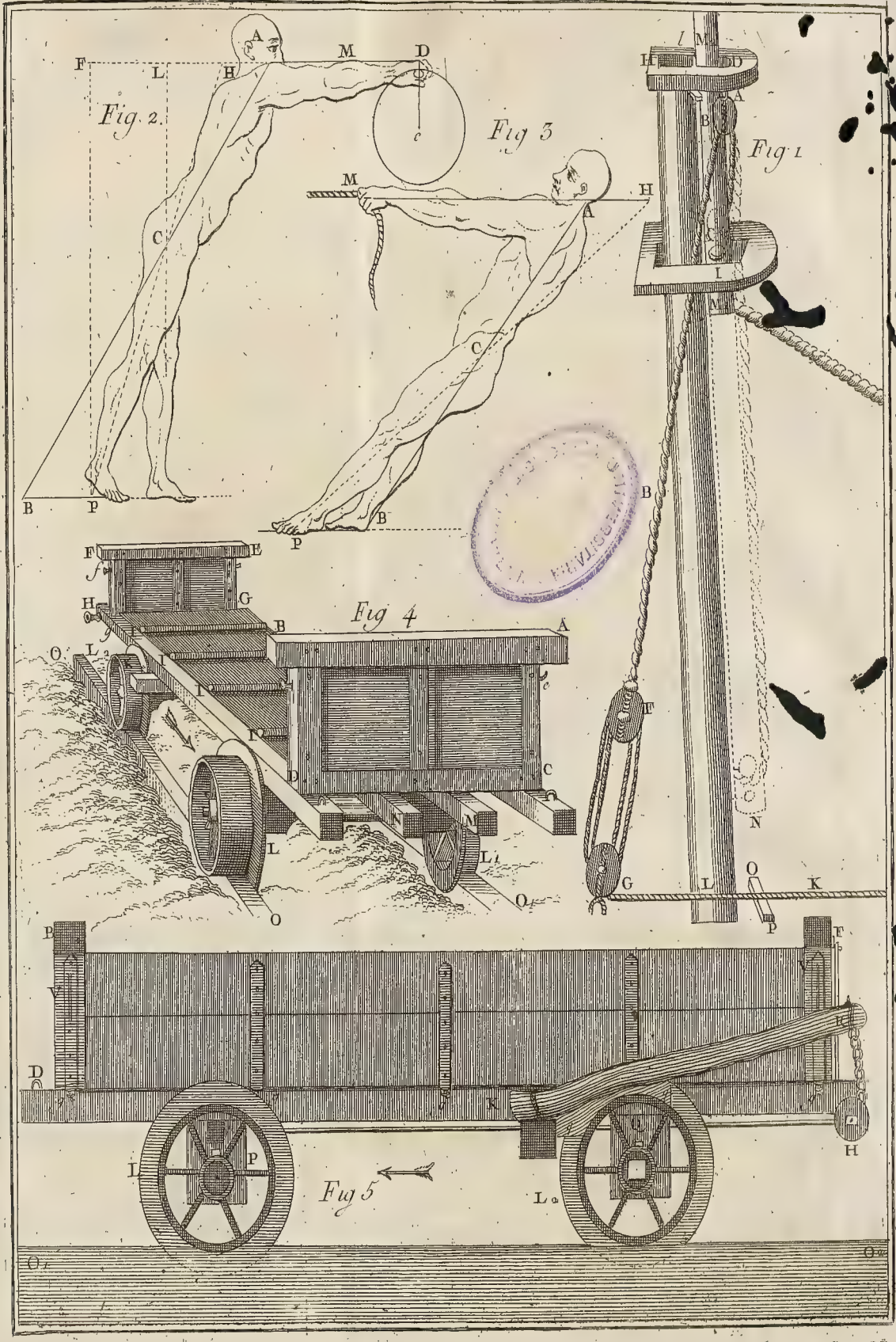


Fig. 2.
Fig 3
Fig 1
Fig 4
Fig 5

Fig. 1.

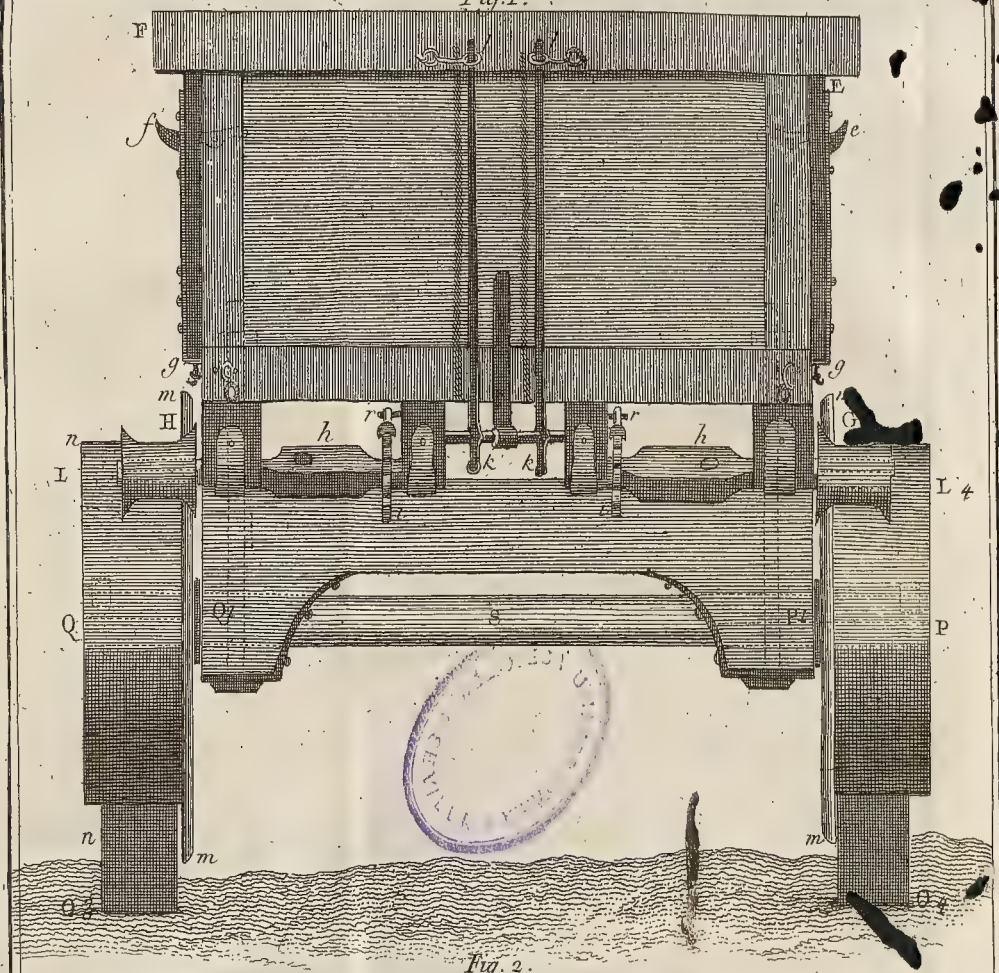


Fig. 2.

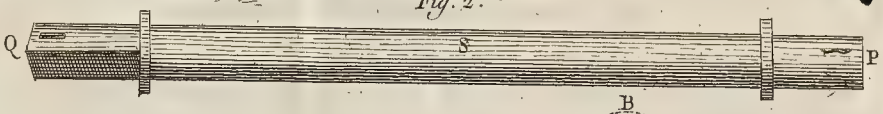


Fig. 7.

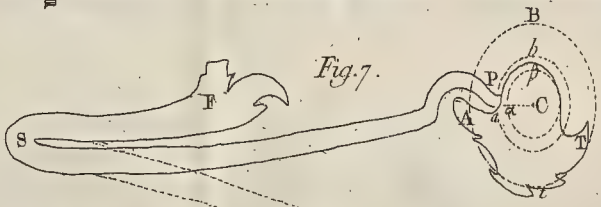


Fig. 5.

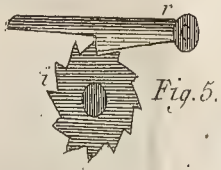


Fig. 3.

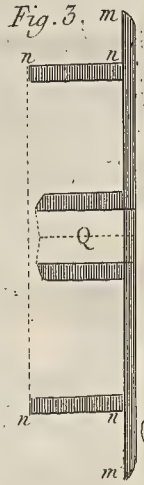


Fig. 8.

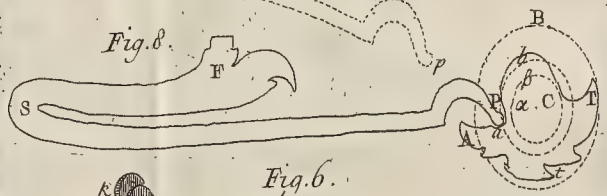


Fig. 4.

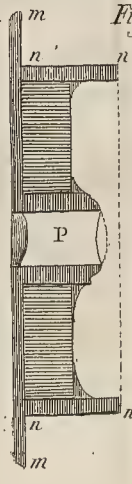


Fig. 6.

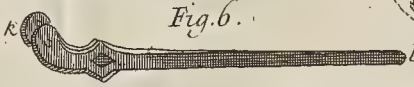
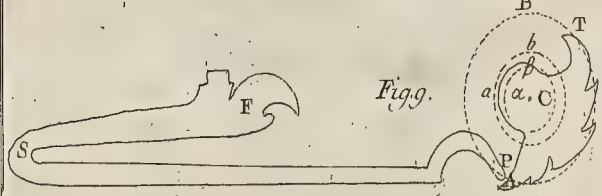


Fig. 9.



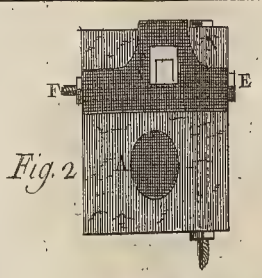


Fig. 2

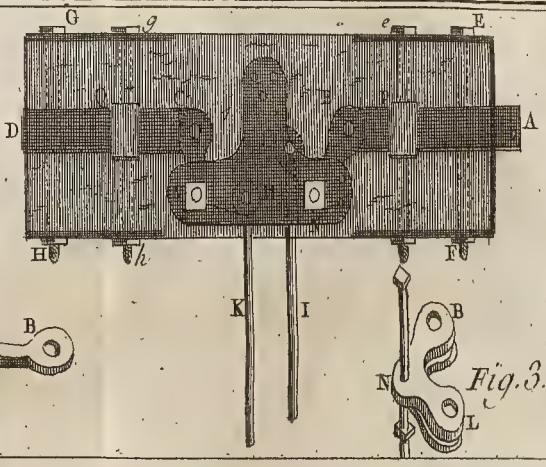


Fig. 1.

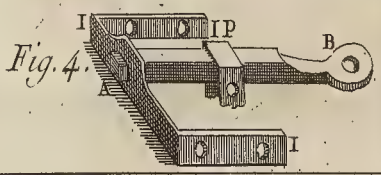


Fig. 4.

Fig. 3.

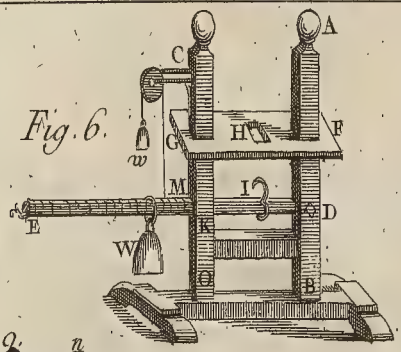


Fig. 6.

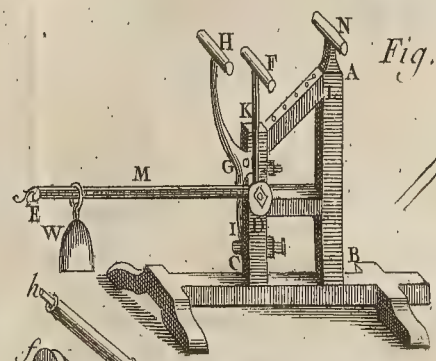


Fig. 5.

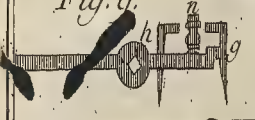


Fig. 9.

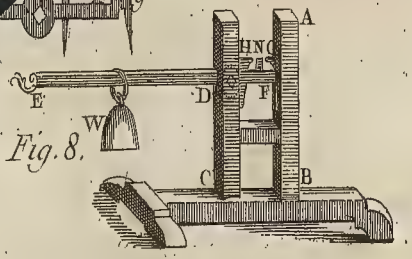


Fig. 8.

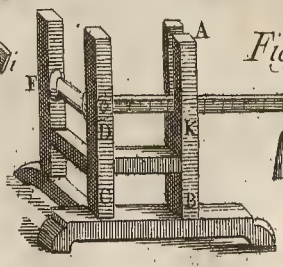


Fig. 7.

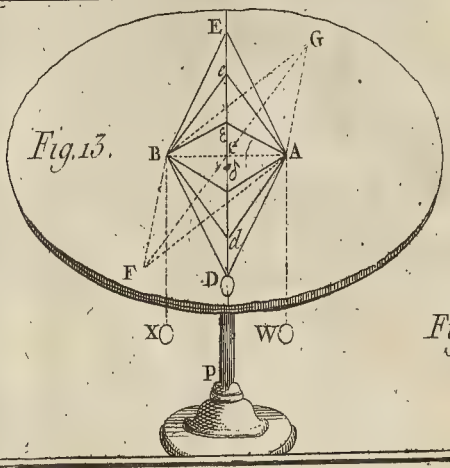


Fig. 13.

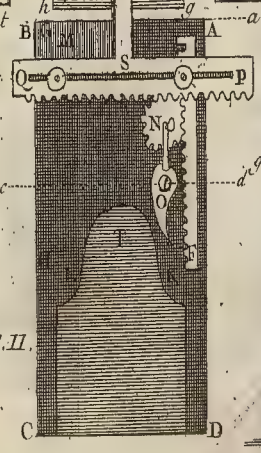


Fig. 11.

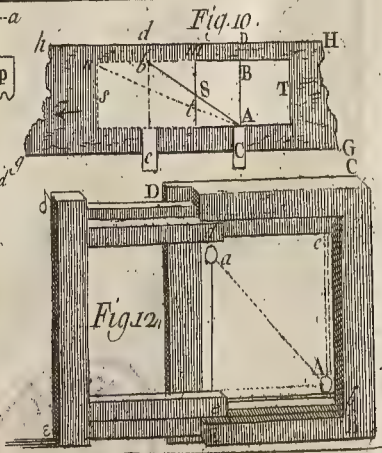


Fig. 10.

Fig. 12.

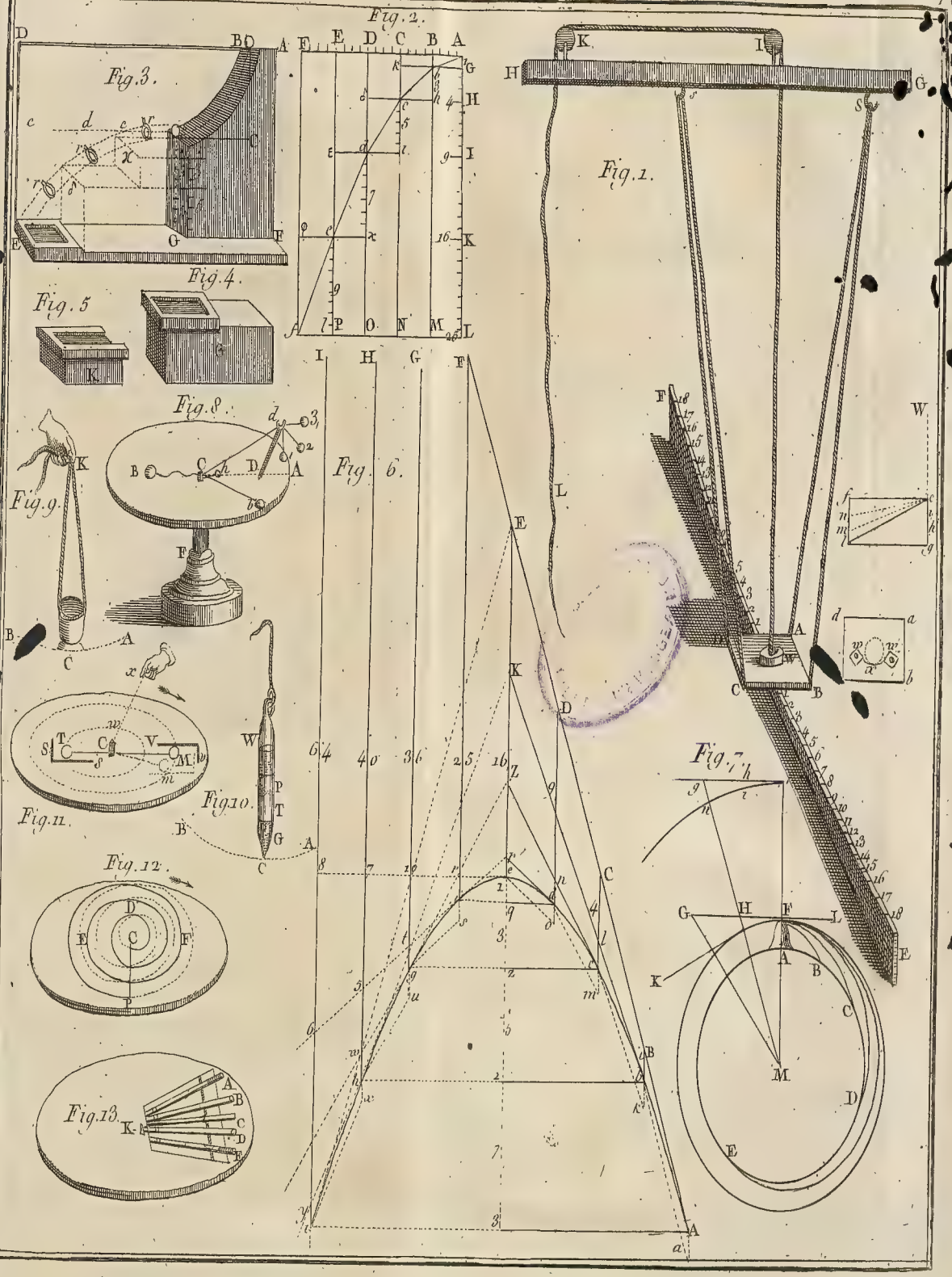
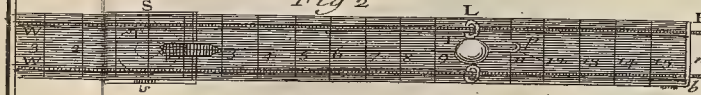
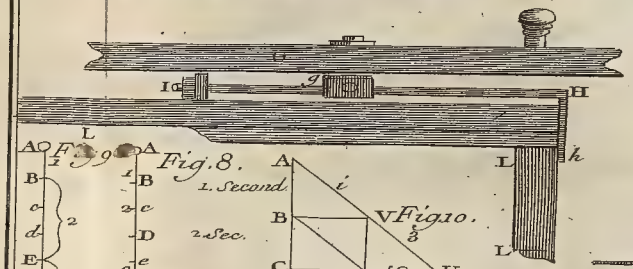


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.

Fig 2





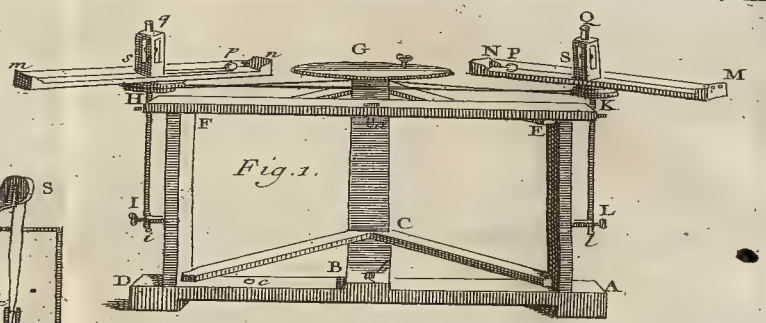


Fig. 1.

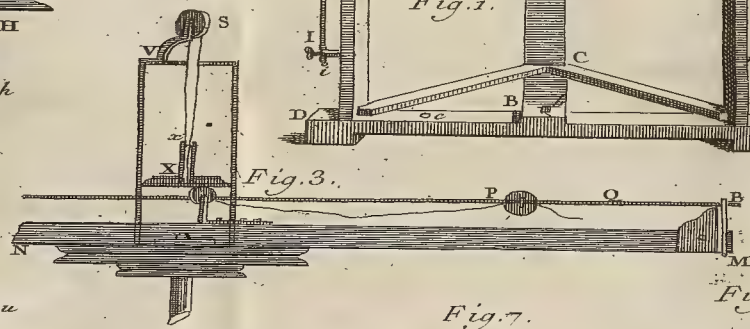


Fig. 3.

Fig. 4

Fig 5.

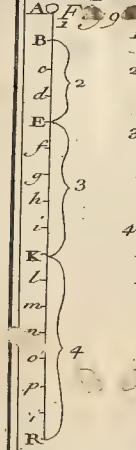


Fig. 9

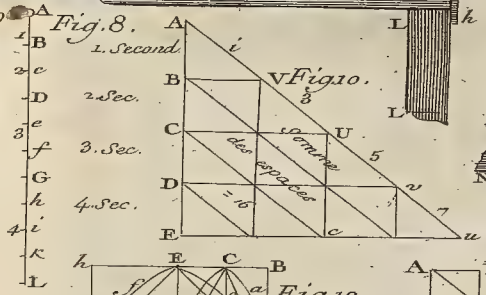


Fig. 8. Fig 10.

Fig 12.

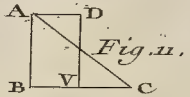


Fig. 11.

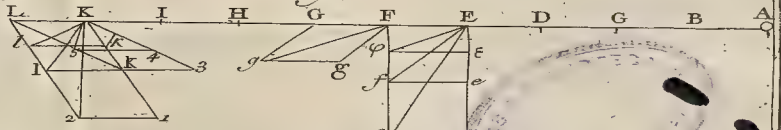


Fig. 7.

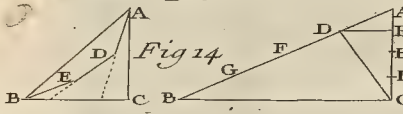


Fig 14

Fig. 13.

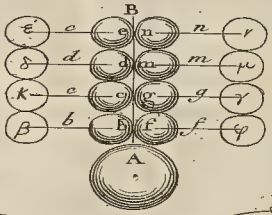


Fig 17

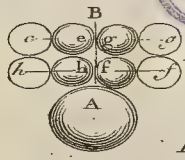


Fig 16.

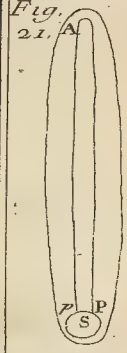


Fig. 21.

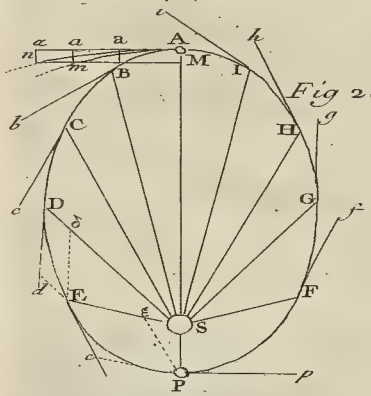


Fig 20.

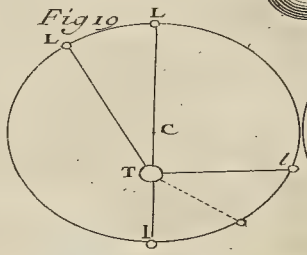


Fig 19

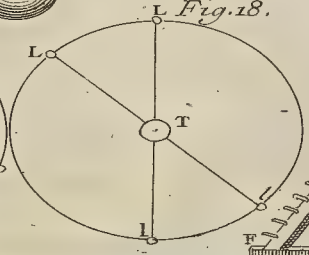


Fig. 18.

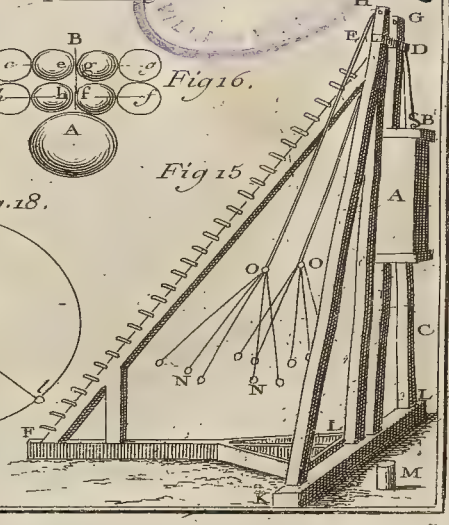


Fig 15

Fig. 4.

Fig. 3.

Fig. 1.

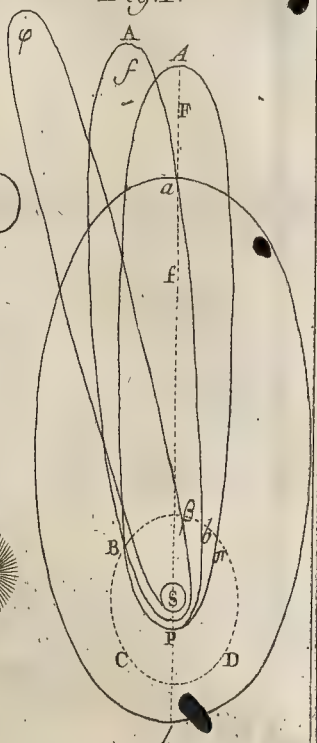
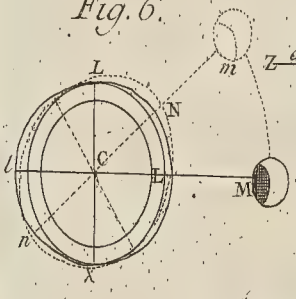


Fig. 6.



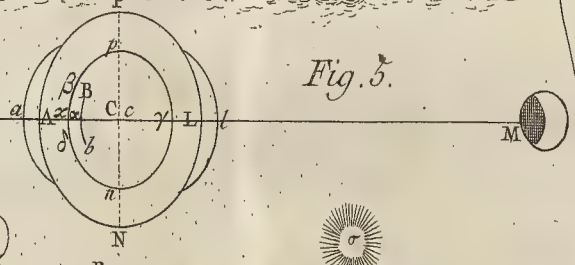


Fig. 5.

Fig. 9.

Fig. 7.

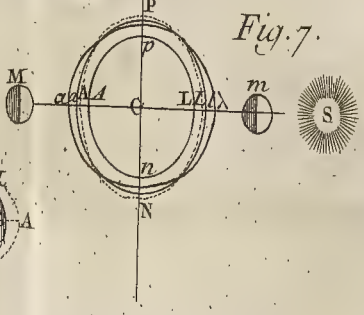


Fig. 8.

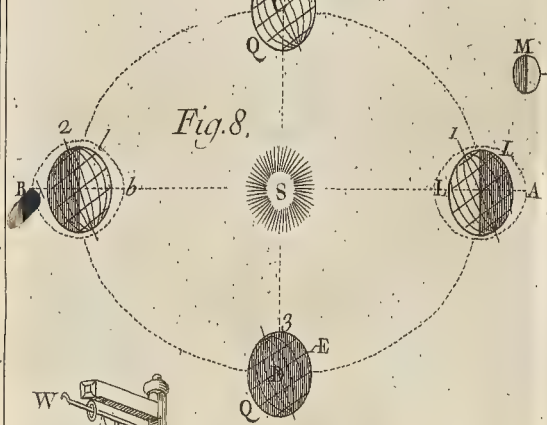


Fig. 2.

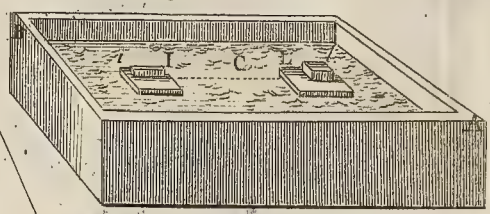


Fig. 12.

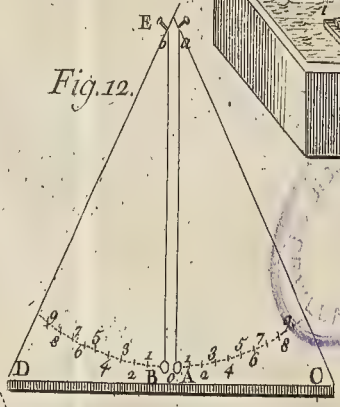


Fig. 13.

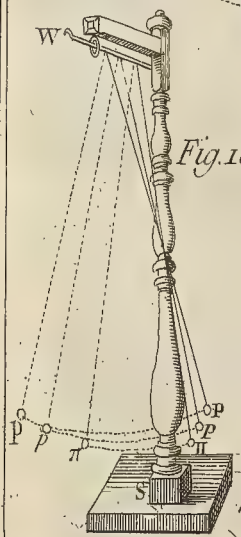


Fig. 10.

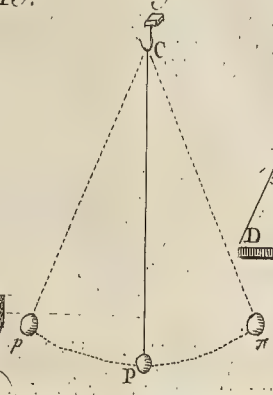
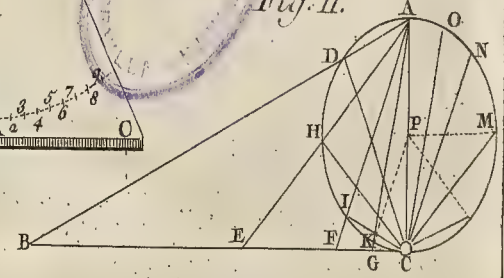


Fig. 11.



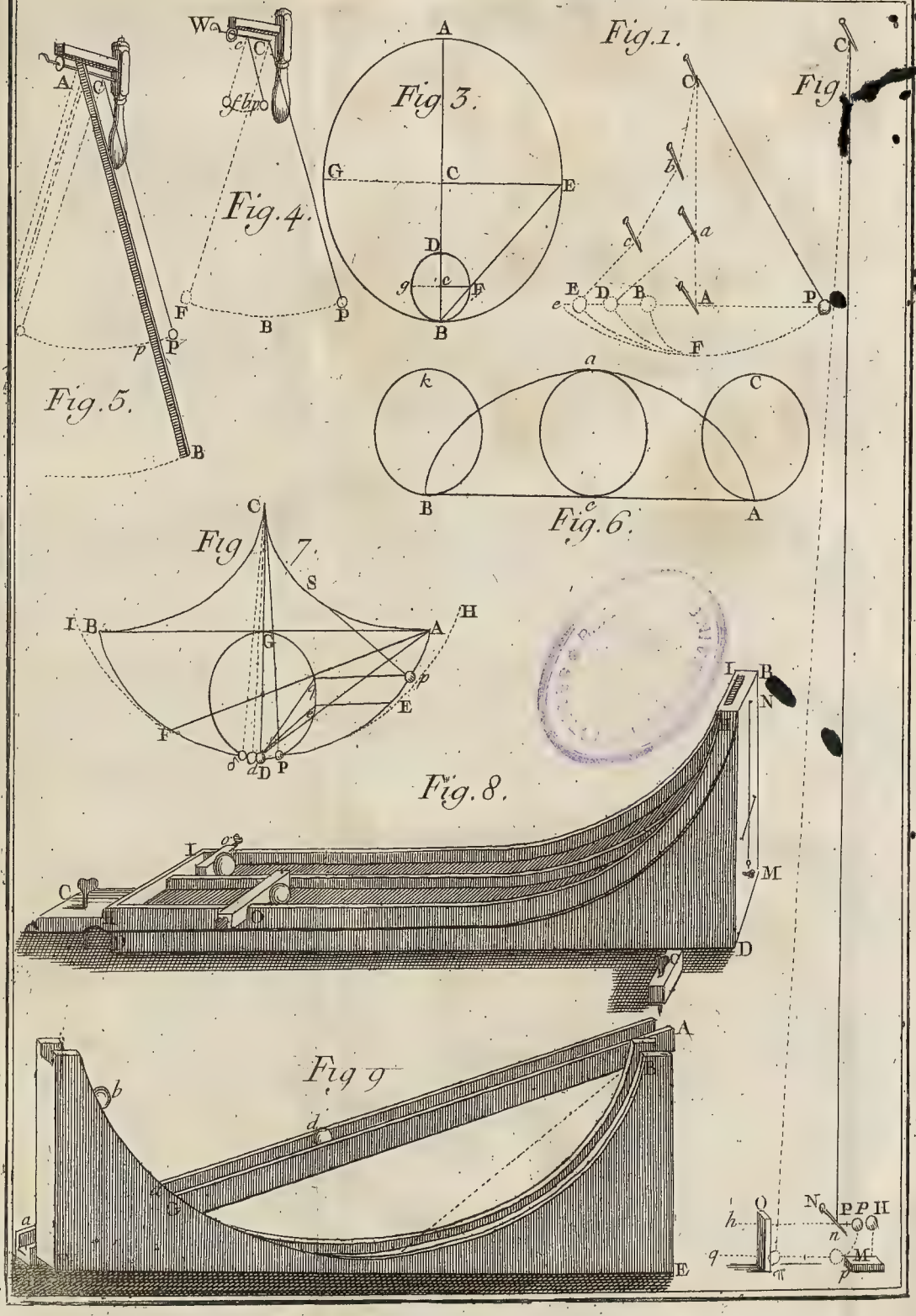


Fig. 1.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9

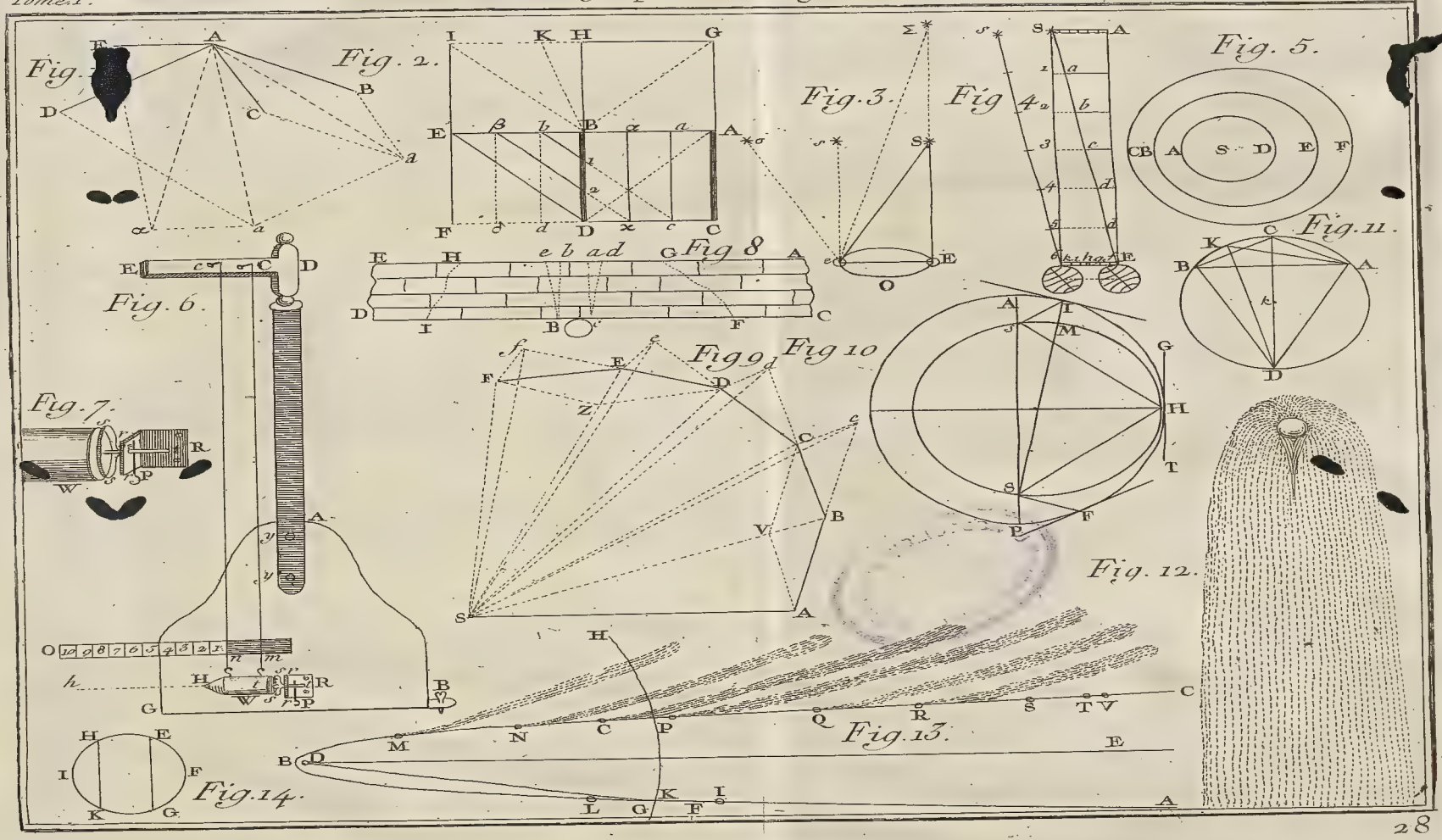


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig 8
Fig. 11.
Fig. 7.
Fig 9.
Fig 10
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.

Fig 1

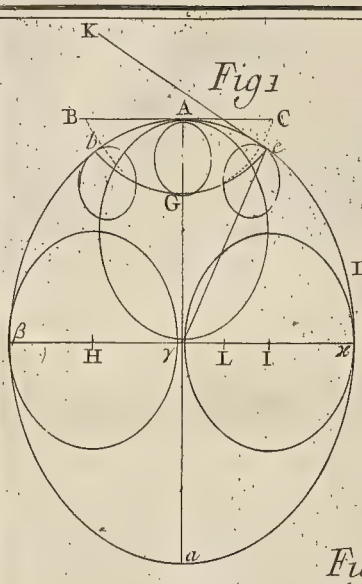


Fig 4

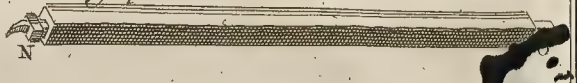


Fig 2

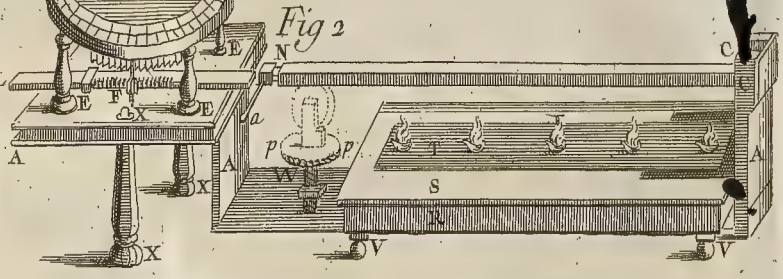
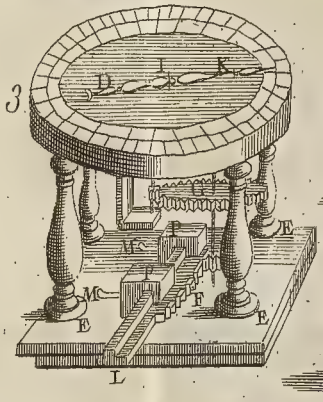
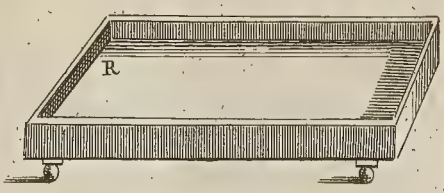


Fig 3





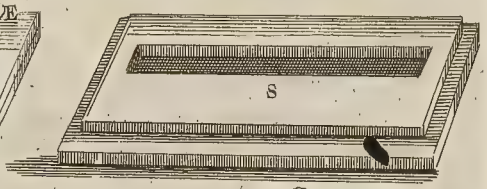


Fig 6

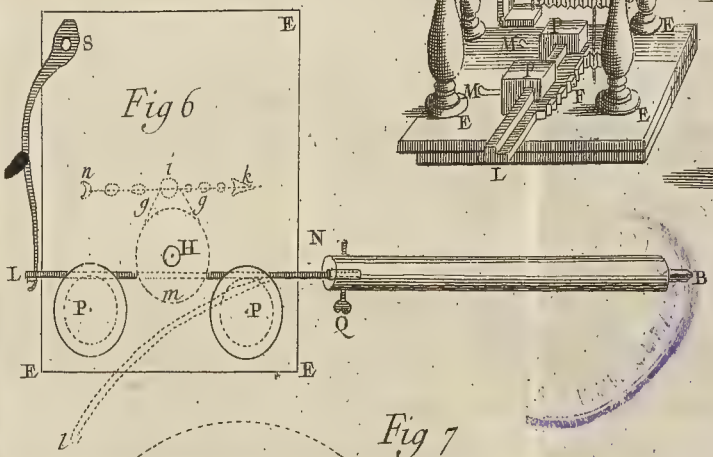


Fig 7

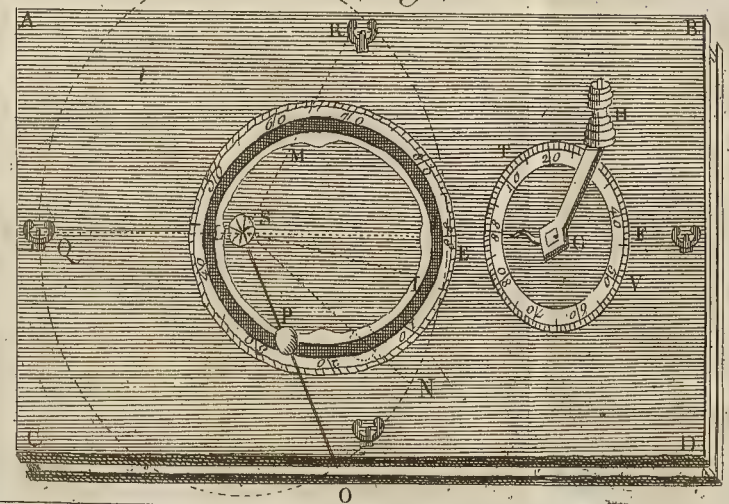
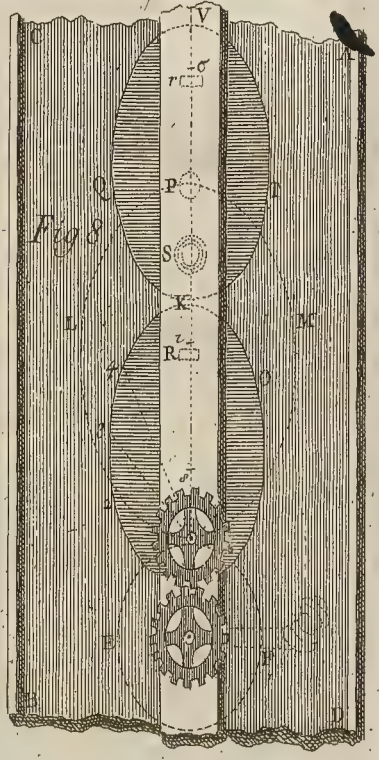


Fig 8



Tome I.

Sistême Solaire abregé de M Whistons.

Periodes et Distances

	tournent autour du Soleil dans l'espace de			à la distance de	
	a.	j.	h.		
Saturne	29	167	22	777.000.000	Milles
Jupiter	11	314	12	424.000.000	
Mars	1	321	23	123.000.000	
La Terre	1	0	6	81.000.000	
Venus	0	224	16	59.000.000	
Mercure	0	87	23	32.000.000	

La Lune tourne autour de la Terre en 27 jours 7 heures 43 A la distance de 240.000 lieues du centre de la Terre.

Periodes autour de leur Axe

	j.	h.	m.
Le Soleil en	25	0	0
Jupiter	0	9	56
Mars	1	0	40
La Terre	0	23	56
Venus	0	23	0
La Lune	27	7	43

Diametres et quantité de Matiere

	Diametres			quantité de matiere	
Le Soleil	763	milles	000	227	500
Saturne	61		000		34
Jupiter	81		000		220
Mars	4		440	inconnue	
La Terre	7		970		
Venus	7		900	inconnue	
Mercure	4		240	inconnue	
La Lune	2		170	entre	1/40

Densités

De la Lune	comme	3 1/2
De la Terre	comme	4
Du Soleil	comme	25 1/2
De Jupiter	comme	019
De Saturne	comme	015

Pl. 30

Jupiter et ses bandes.

Saturne son double Anneau.

N.a Le Cercle exterieur divisé marque la grosseur du Soleil proportionellement a ces Planetes.

La Comete de 1698

La Comete de 1680. Sa periode de 575 ans sa probablement avant 1436 de 80 Millions de milles en passant 1680 pres du Soleil elle a du queue etoit longue

Celte Comete a paru en 1607 et 1682 elle a fait presque deux fois le tour de son orbe

Comete de 1684

La Comete de 1337

La Comete de 1618

La Comete de 1665

La Comete de 1683

La Comete de 1672

La Comete de 1652

La Comete de 1618

La Comete de 1596

La Comete de 1582

La Comete de 1677

La Comete de 1686

La Comete de 1564

La Comete de 1652

La Comete de 1683

La Comete de 1665

La Comete de 1618

La Comete de 1596

La Comete de 1582

La Comete de 1677

La Comete de 1672

La Comete de 1652

La Comete de 1618

Vitesses autour du Soleil

	parcourt dans l'espace d'une heure		
Mercure		100.000	Milles
Venus		70.000	
La terre		56.000	
Mars		45.000	
Jupiter		24.000	
Saturne		18.000	

Lumiere et chaleur quelles tirent du Soleil.

Les Corps touchés par

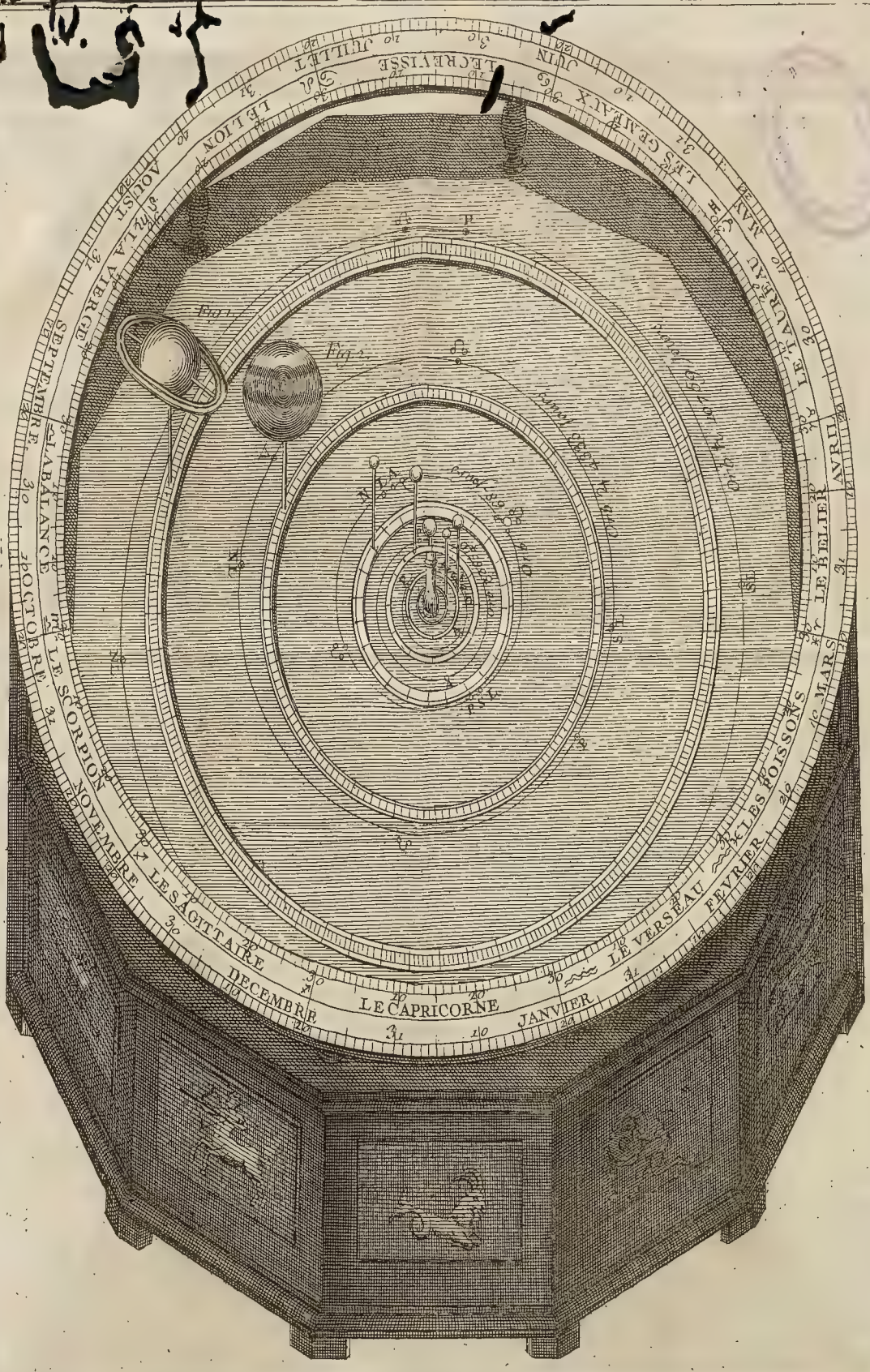
Le Soleil comme	46.000.
Mercure comme	6
Venus comme	2.
Terre et Lune com	1.
Mars comme	1/10
Jupiter comme	1/27
Saturne comme	1/90

Periodes et Distances des Satellites de Jupiter

	tournent autour de Jupiter en			à la Distance de	
	j.	h.	m.	milles	
Prem.	1	18	28	150.000	
Second.	3	13	14	368.000	
Trois.	7	3	43	580.500.	
Quatr.	16	16	30	100.000.	

Periodes des Satellites de Saturne

	tournent autour de Saturne en			à la Distance de	
	j.	h.	m.		
Prem.	1	21	19	146.000.	
Second	2	17	42	167.000.	
Trois	4	16	47	255.000.	
Quatr.	16	22	41	600.000.	
Cinq.	70	22	4	180.000.	


JUILLET
JUIN
LES GEMEAUX
MAY
LE TAUREAU
AVRIL
LE BELIER
MARS
LES POISSONS
FEVRIER
LE VERSEAU
JANVIER
LE CAPRICORNE
DECEMBRE
LE SAGITTAIRE
NOVEMBRE
LE SCORPION
OCTOBRE
LA BALANCE
SEPTEMBRE
LA VIERGE
AOUST
LE LION

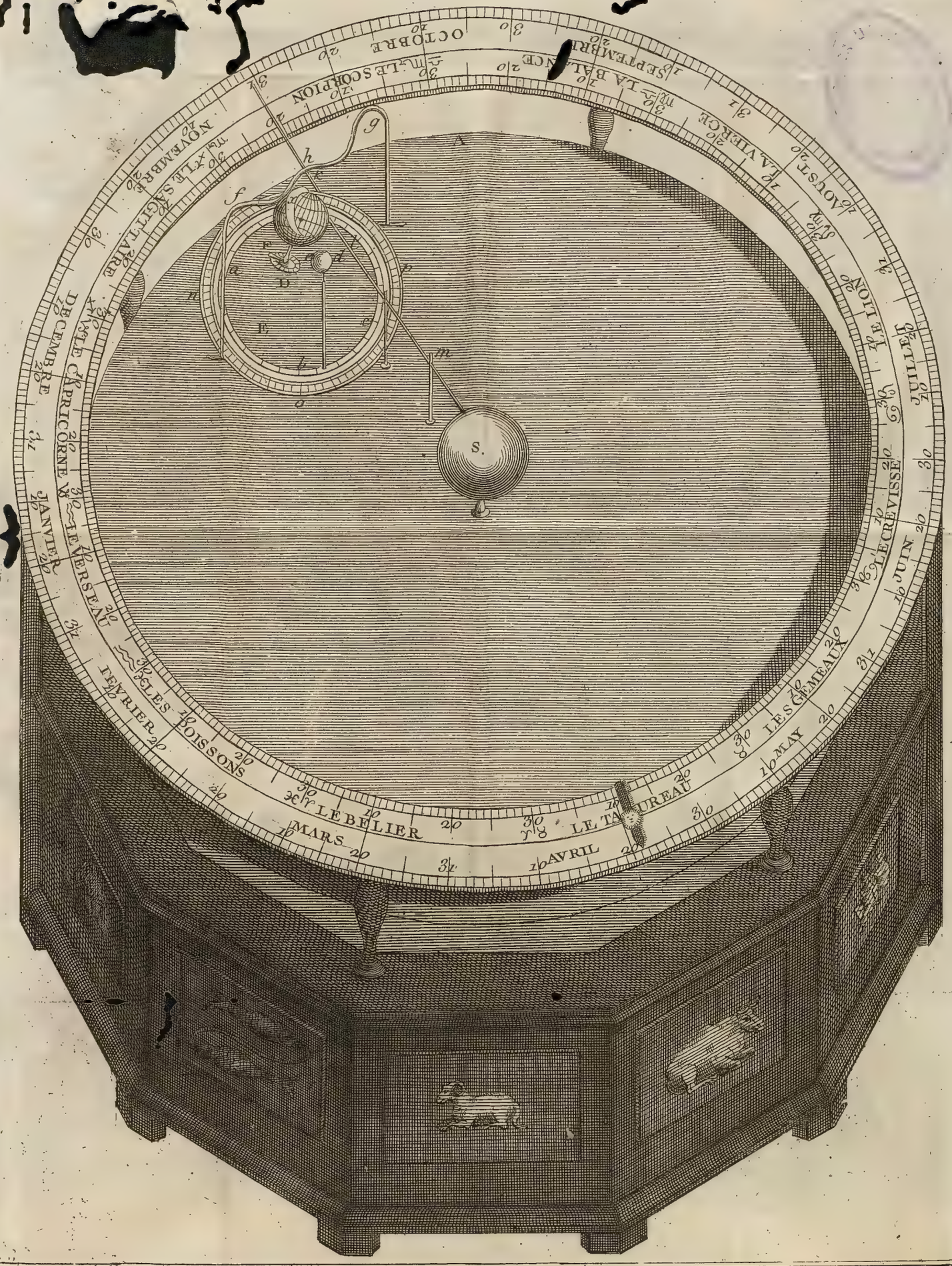

A
B
E
S.
LE BELIER
LE TAUREAU
LES GEMEAUX
LE CREVISSE
LE LION
LA VIERGE
LA BALANCE
LE SCORPION
LE SAGITTAIRE
LE CAPRICORNE
LE VERSEAU
LES POISSONS
MARS
AVRIL
MAY
JUIN
JUILLET
AOUST
SEPTEMBRE
OCTOBRE
NOVEMBRE
DECEMBRE
JANVIER
FEVRIER

TABLE ALPHABETIQUE DU PREMIER VOLUME.

A

ACCELERATION des corps en mouvement, *Pages* 336, 340
— Appliqué à la chute des corps, 333
Action de la pesanteur des Planétes & des Cométes, 376, 377, 378, 379
— Du Soleil & de la Lune sur la mer, 392, 393
— Des mêmes sur les Planétes & Cométes, 382
— Egale & contraire à la réaction, 382
382
— Equilibre, 96
Air, sa resistance, 368
Aissieux des Charretes, doivent être à angles droits sur les moyeux, sans être jamais courbes, 214, 215, 216
Angle d'application pour un levier ou une balance, 154
— De traction, 167
Animalcules, il y en a plus dans une seule laite de carpe qu'il n'y a d'hommes sur toute la terre, 28
— La petitesse inconcevable des globules de leur sang, 29
Aphelie, les Planétes & les Cométes s'y meuvent plus lentement, 374
Archimede, son problême pour élever la terre, & le calcul dudit problême, 69
Astronomie, aires astronomiques expliquées, 372
— Découvertes par *Kepler* proportionnelles au tems de la révolution, 375
— Prouvées par Isaac *Newton*, 441
— Observations astronomiques de M. *Bradley* prouvant le mouvement de la terre, 420
Atomes, ce que c'est, 4
Attraction mutuelle des corps, 7
— Expériences qui montrent comment elle agit, 7, 8, 9
— La proportion double réciproque de son action, 10
Attraction de cohésion, 11
— Plus forte dans le contact, *ibid.*
— Très-considerable dans les balles de cristal & de plomb, 17
— Expérience avec de l'huile d'orange entre deux verres plans, 12
— Avec les fluides qui s'élevent dans les petits tubes de verre, dans le pain & dans le sucre, 13
— Avec l'esprit de vin coloré qui s'éleve entre deux verres plans en figure hiperbolique, *ibid.*
— Prouvée par l'expérience du vif argent, 14
— Du fil de fer & du fil d'agent, 15
— Prouvée par la pratique de la soudure, 16
— Elle rend les goutes d'eau sphériques, *ibid.*
— Ses Loix, *ibid.*
Attraction magnetique, 17
Electrique, 18
— Ce n'est pas une qualité occulte, 22
Avis utile sur les machines, 50
Aurore boccale, 31
Axis in peritrochio, expériences sur cette machine, 108
— Composée, 137
— Jointe avec une vis, *ibid.*
— Réduite au levier, *ibid.*
— Son frottement, 142
— Nouvelle invention de M. *Perrault* pour

perfectionner cette machine, avec le calcul du frottement des cordes, 242
Aiman, ce qu'en a dit *Muſchenbrock*, 40

B

BALANCE, ſoit la commune, ſoit la Romaine. 98
— Trompeuſe ou fauſſe, 101
— Réduite au levier, 102
— Comment il faut faire pour la rendre exacte, 143
— Comment doit être le point de ſuſpenſion, 146
— Elle peut être fauſſe, lors même que les bras ſont égaux, 148
— Comment on peut eſtimer la force des poids qui agiſſent ſur elle obliquement, 149
— Eſpece particuliere ou des poids égaux ſont équilibre a d'inégales diſtance, 154
— Effet de l'impulſion oblique d'une puiſſance ſur le fleau, 155
Belier, 46
— Son choc comparé au coup d'un boulet de canon, 67
— Son action examinée, 357
Bras de balance ou de levier, 49
Bras la force des muſcles qui les remuent, 263

C

CANON, l'action de ſon boulet comparée avec celle du belier, 67
— La force d'un boulet de 24 pour battre en bréche, 455
Centre de mouvement, 52
— De gravité, *ibid.*
— Maniere méchanique de le trouver, 77
— Maniere mathématique de le trouver, 78
— Où il doit être placé dans un moulin à vent & dans une gruë, 81
— Commun de deux ou pluſieurs corps, 54
— Du ſoleil & des planétes, 88
— D'une charge de foin, ou d'une charge de fer, 93
— De l'oſcillation, & de la percuſſion, 400
— Comment on trouve le centre d'oſcillation, 174
Centrifuge, force centrifuge, 324
Centripete, force centripete, 325
Chaleur, ſon effet ſur le pendule, 409
— Quantité de ſon effet ſur les métanx pour leur dilatation, 468
Charetres, examen & expérience, 202
— A quatre roues plus avantageuſes qu'à deux, 222
— Experiences pour le prouver, 226
— Nouvelle maniere de charrier de gros fardeaux de pierres, 292
— Deſcription du charriot de M. *Allen*, *ibid.*
Chevaux, examen méchanique, 90
— Ils tirent avec beaucoup de deſavantage en roulant autour d'un petit cercle, 254
— Pareillement en montant, 255
— Leur meilleur maniere de tirer, c'eſt horizontalement & en ligne droite, *ibid.*
— La force d'un cheval équivaut à la force de cinq hommes, 273
Chronometre inventé par M. *Graham*, 403
Cire d'Eſpagne rendue tranſparente par le frotement, 42
Coin, ſa définition, 114
— Examen de ſon action avec expériences, *ibid.*
Cométe retrogade détruit l'hypotheſe des tourbillons, 380
— Elle peut avec le tems tomber dans le ſoleil, 381
— Inſtruction generale ſur les Cométes, 446
— Inſtruction tirée de *Newton*, *ibid.*
— Par un rayon tiré du ſoleil elles décrivent des aires proportionnelles aux tems, 491
— Groſſeur des Cométes, 381
Cone double roulant de bas en haut, 60
Cordes, leur frottement, 241
— Expériences ſur leur reſiſtance, 245
— La meilleure maniere de rompre une corde, 280
Corps, lorſqu'il frappe contre un autre, ſes parties ſe meuvent autour de lendroit qui a frappé, 281
— Les particules des corps en bien des cas ſe repouſſent les unes les autres, 17
— Leur peſanteur ſur la ſurface du ſoleil, 34
— Leur peſanteur proportionellement plus grande ſur la ſurface des petites planétes que des grandes, 35
— Inclinés ils ne tombent point, tandis que leur ligne de direction paſſe à travers leur baſe, 60
— En repos ou en mouvement, ils ne peuvent tomber ſi leur centre de gravité eſt ſupporté, 62
— On les empêche de tomber en y ajoutant d'autres corps, 64
— Roulant ſur des plans inclinés, 92
Cric, 130
Cycloïde, ſa deſcription, 404

— Plusieurs de ses proprietés, 405
— Les vibrations du pendule sur elles sont Isochrones, *ibid.*
— Expériences avec des tuyaux en forme de cycloïde, 406
Cycloïde à bases courbes, ou épicycloïdes & quelques-unes de leurs proprietés, 457
Cylindre chargé de maniere qu'il remonte sur un plan incliné, 52
— Examen détaillé de ses proprietés, 82

D

DESIR de vaincre dans les disputes, grand obstacle au progrès des Sciences, 1, 2
Diametres & distances des planétes, 476, 477
Direction, ligne de 76
Divisibilité de la matiere à l'infini, quoiqu'elle ne soit pas actuellement divisée à l'infini, 4
— De la quantité, on démontre qu'elle va à l'infini, 25
Ductilité de l'or, 27

E

ECOULEMENS, ceux de *l'air fortement* produisent des corpuscules d'une petitesse inconcevable, 28
— Ceux des Cométes & des Planetes dans les espaces celestes, 381
— Ils sont très-considerable dans l'atmosphere du soleil, *ibid.*
Electricité, 18
— Prouvée par le tube qui attire & repousse les feuilles d'or soit dans l'air, soit dans le vuide, 21
— Prouvée par le globe de verre qui donne une lumiere rouge, lorsqu'il est frotté, *ibid.*
— Plusieurs expériences électriques de M. *Etienne Gray*, 42

F

FIGURE de la terre, 409, 472
— De la portion d'un fluide ne peut pas être alterée par la pression d'un autre fluide exterieur, 31
Flammes de l'esprit de vin usitées dans le pyrometre, 467
Force absolue, 32
— Acceleratrice, *ibid.*
— Centrifuge, 324
— Centripete, 325
— D'inactivité ou d'inertie, 304
— Mouvante, 34
— Expériences pour prouver toutes ces forces,
Force des hommes, la meilleure maniere de l'appliquer pour ramer, 266
— Très-mal appliquée en ramant avec un axe horizontal qui a les rames verticales comme les rais d'une roue, *ibid.*
— Très-grande lorsque est exercée par les muscles qui tendent les jambes & les cuisses, *ibid.*
— Comparée par une nouvelle invention, 305
— De cinq hommes égales à la force d'un cheval, 273
— Des hommes & des chevaux examinée & comparée, 254
— Le même par M. *de la Hire*, avec des remarques sur sa dissertation, 285
— Articles des *Transactions Philosophiques* concernant la dispute au sujet de la force mouvante, 353
— De l'action de la poudre avec un boulet de vingt-quatre, 455
Forces requises pour plier les cordes, 241
Frondes, 360
Frottement, rend la cire d'Espagne transparente, 42
— Les communs Machinistes n'y font pas assez d'attention, 140
— Inévitable, *ibid.*
— Très-petit dans le levier, 141
— Quel égard il faut y avoir dans la balance, *ibid.*
— Très-grand dans les poulies, 144
— Peu considerable dans le tour, 145
— Aussi bien que dans le plan incliné, *ibid.*
— Examiné plus au long dans les machines & les cordes, 191
— Il n'est point relatif à la quantité des surfaces qui se touchent, mais des poids qui se pressent l'un l'autre dans leur mouvement, 193
— Resistance qui en resulte, *ibid.*
— Sa quantité sur une poutre que l'on traîne sur le terrein, 194
— Table des frottemens des traîneaux, 205
— Des charretes & autres voitures, 226
— Des poulies & des cordes, 249
— Quantité du frottement égale à environ un tiers du poids, 268
Comment on peut le diminuer dans les charettes, *ibid.*
Machine pour montrer le frotement sur les differentes surfaces, & combien on peut

le diminuer sur l'aissieu des rouës, 270
— Méthode très-exacte de calculer sa quantité, 198

G

GRUES, 127
— Leur potence est très-incommode sur les grands chemins, 187
— Grue de M. *Allen* très-avantageuse, 188
— Grue de la seconde espece, 129
Goutes d'eau rendues sphérique par l'attraction, 16
Goutes d'huile d'orange qui s'élevent entre deux verres plans, 12
— Six proprietés de ces goutes, 38

H

HYPERBOLE, figure hyperbolique des goutes d'eau entre deux verres plans, 13
— Figure hyperbolique renversée avec du vif argent, 40
Hommes, leur action consideré méchaniquement, 90
— Leur force en tirant une manivelle verticale est moindre en haut qu'en bas, 256
— La force de cinq hommes égale à celle d'un cheval, 273
— Examen de la force des hommes & des chevaux avec differentes applications, 254
— Dissertation de M. de *la Hire* sur ce sujet, 285
— Traits de force faits par des hommes qui ne sont que des illusions, 274
— Ils ne surpossent pas la puissance d'un homme moderément fort, 276
— Traits de force vrayement extraordinaire de *Thomas Topham*, 299

I

INCLINAISON, les corps inclinés ne sçauroient tomber, tandis que leur ligne de direction traverse leur base, 59
— Plan incliné, 112
— Expériences sur ce plan, 113
— Réduit au levier, 139
— Son action & celle du coin, 166
— Tours inclinées qui ne tombent point, 61
Inertie, force d'inertie, 304
Infinis, ils ne sont pas tous égaux, 25
Instrumens ordinaires réduits au levier, 158
Intensité de la puissance, 51
Joyce, force prodigieuse de cet homme, 274

L

LABOUREURS Anglois generalement plus forts que les François, 273
Lampes roulantes, 59
Levier, ses differentes especes, 102
— Homodrome & héterodome, 158
— Quelques expériences, 102
— Recourbé, *ibid.*
Ligne parabolique, 312
— De direction, 76
Longueur du pendule de deux secondes, 400
Lumiere, sa resistance, 3
— Sa densité diminue, à mesure que les quarrés des distances de corps illuminés augmentent, 35
— Elle est repoussée par le verre & autres corps, 41
Lune, poids des corps sur sa surface, 33
— Elle éleve l'eau de la mer aux endroits où elle est verticale, & aux antipodes de ces endroits, 386
— Cette action considerée hydrostatiquement, 388
— Réponse aux objections contre cette doctrine, 389

M

MACHINES simples, 92
Machines composées, 124
— A seaux pour élever l'eau, 8
— Du sieur *Newsham* pour éteindre les incendies, 259
— Nouvellement inventée pour éprouver la force de differens hommes, & celle des membres du même homme, 305
— Pour montrer si le frottement dépend de la quantité de la surface frottée, ou du poids qui presse les surfaces ensemble, 271
— Appellée un pyrometre, 467
— Nouvellement inventée par l'Auteur pour montrer méchaniquement, comment les cométes & planétes par un rayon tiré du soleil, décrivent des aires proportionnelles au tems, 485
— Curieuse à *Derby* pour devider la soye, 74
Marées de l'équinoxe, 394
— Du solstice, *ibid.*
— Basses & hautes causées par l'action du soleil & de la lune selon leur position differente, 391
— Quel est leur retardement journalier, *ibid.*

Masse, 43
Matiere, ce que c'est, 2
--- En quel sens les Cartésiens entendent ce mot, *ibid.*
--- Elle est la même dans tout les corps, 3
--- Divisible sans être actuellement divisée à l'infini, 4
--- Elle subsiste la même dans tous les changemens naturels & artificiels des corps, 23
--- La plus petite de ses parties peut envelopper la sphére de Saturne, 27
--- Elle est divisée en parties d'une petitesse inconcevable, 28
--- Il y en a moins dans l'univers que de vuide, 31
--- Subtile des *Cartésiens*, quand on accorderoit son existance, elle ne prouveroit pas le plein, 69
Méchanique, 95
--- Puissance méchaniques, *ibid.*
--- Toutes réunies dans une seule machine, 131
Mercure, ou vif argent sa resistance, 24
--- Il est attiré un peu par le verre, mais beaucoup plus par lui-même, 40
--- Quelques expériences de son attraction par M. *Jean Jurin*, *ibid.*
Milieux leur resistance, 365
Molecules, ce que c'est, 4
Momentum, quantité de mouvement, 45
--- Il resulte de la masse multipliée par la vîtesse, *ibid.*
--- Des corps tombans proportionnel à leur vîtesse, & non à la hauteur d'où ils tombent, 351
--- Nouvelle & ancienne opinion comparées ensemble, 430
Mouton pour enfoncer les pilotis, 361
Mouvement distingué de la vîtesse, 46
--- Défini en general & en particulier, 67
--- Sa quantité, 45
--- Composé lorsqu'un corps est poussé par deux ou plusieurs forces à la fois, 132
--- Perpetuel impossible, 183
--- Ses Loix selon *Newton*, 304
--- 1er Loy, *ibid.*
--- 2e Loy, 336
--- 3e Loy, 383.
--- Application aux marées, 385
--- Expérience pour expliquer le mouvement composé avec la réponse à une objection contre le mouvement de la terre, 310
--- Du boulet de canon en ligne parabolique, 312
--- Des projectiles appliqué au mouvement de la lune, 322
--- Expériences pour montrer que la pesanteur & la force projectile suffisent pour que les planétes continuent leur mouvement dans leurs orbites, 330
--- Acceleration de mouvement expliquée, 336
--- Des corps sur un plan incliné, & ce qui en resulte par rapport au pendule, 352
Muscles, leur action, 160
--- Calcul de la force du *biceps* & du *chieus*, *ibid.*
--- Extenseurs des jambes & des cuisses; la maniere de les bien appliquer, 283

N

NEUSHAM, voyez *Machine*;
Nouvelle & ancienne opinion, voyez *momentum*.

O

OBSERVATIONS de plusieurs étoiles fixes qui prouvent le mouvement de la terre par M. *Bradley*, 420
Oranges *Voyez* Goutes
Orreries, machines ainsi appellées qui donnent de très-fausses idées des phénomenes celestes, 479
Oscillation, *Voyez* Centre.

P

PARABOLE, ligne que parcourent les corps jettés horizontalement ou obliquement, 311
--- Mouvement parabolique du boulet de canon, 312
Parallaxe des étoiles fixes ne peut pas être observée exactement avec nos instrumens, 421
Pendule, son mouvement déduit du mouvement des corps sur un plan incliné, 352
--- Allongé ou racourci par la chaleur ou le froid, 409
--- Sa veritable longueur pour les secondes, 456
--- Comment la percussion oblique & directe occasionnent l'erreur, 417
Perihelie, 374
Periode des Planétes, 475
Pesanteur de la surface au centre de la planéte, elle diminue comme la distance au centre, 35
--- Son action sur les planétes & cométes rend leur mouvement regulierement accelerè & retardé, 372

— Mutuelle de la terre & de ſes parties, 454
Pilotis, 361
Plan incliné, 112
Planétes, leur mouvement dans leurs orbites plus prompt au perihelie, plus lent à l'aphelie, 374
— Elles ne ſçauroient conſerver leur mouvement dans un milieu reſiſtant, 381
— Elles ne pourroient tourner dans les tourbillons de matiere, 425
Planétaire, nouvelle machine pour montrer le mouvement & la plûpart des apparences des corps celeſtes, 475
— Ses parties qui montent outre le ſyſtême general, le ſyſtême particulier de Jupiter avec ſes ſatellites, de Saturne avec ſes ſatellites, 478
— Elles montrent le mouvement de la terre & de la lune autour du ſoleil, les éclipſes & tous les phénomenes reſpectifs de ces trois corps, 482
Platine de fuſil, 110
Portefaix, 284
— Plus forts en Turquie qu'en Angleterre, *ibid.*
Preſſion de deux corps ſur l'axe d'une poulie ſimple, & d'une poulie double, 173
Projectiles ſe meuvent en ligne parabolique, 511
— Les Loix de mouvement appliquées à celui de la lune, *ibid.* & *ſuiv.*
Poudre à canon ſa force, 440
— Son action ſur la bréche, 455
Poulies, 105
— Leur frottement très-grand, 144
— Combinées, 177
— Mouffles de pluſieurs poulies, 106
— Leur frottement, 248
Puiſſance, ſa définition, 135
— Ce mot appliqué improprement, 135
Puiſſances méchaniques réduites au levier, 132
Pyrometre pour meſurer l'effet de la chaleur & du froid ſur les métaux, 467

Q

QUALITE'S occultes inconnues chez les *Newtoniens*, 44
Quantité, demontrée divifible à l'infini, 25

R

RAIS de rouës doivent être inclinés, 214
Repulſion des corps, 17
Reſiſtance du mercure, de l'eau, de l'air, de la lumiere & autres fluides, 3
— Qui reſulte du frottement, 191
— Qui reſulte du reſſort des cordes, 241
— De l'eau comparée à celle du bois, 438
— Plus grande que celle du plomb en certain cas, 439
— Plus grande que celle du bois, *ibid.*
Reſſort, ſon explication, 411
Romaine, 96
Roue, examen, 213
— Les plus grandes ſont les plus avantageuſes, 220

S

SCORPIONS, machine comparée au canon, 73
Seau d'eau, on l'empêche de tomber en ſupportant ſon centre de gravité, 64
Solſtice, *Voyez* Marées
Suppoſitions neceſſaires pour entendre la méchanique, 94
Syſtême du monde, 475

T

TABLE de frottement, *Voyez* Frottement.
— Des forces requiſes pour plier des cordes de differentes diametres, 247
— De l'effet de la chaleur & de la flamme ſur les metaux, 460
Tems périodique des Planetes, 428
Terre plus haute vers l'Equateur que vers les poles, 410
— Expérience qui l'explique, 411
— Son mouvement annuel prouvé par M. *Bradley*, 420
— Sa figure n'eſt point oblongue, mais comme un ſphéroïde applati, 472
Tortue des Soldats Romains, 284
Tourbillons de *Deſcartes* contraires à la raiſon & à l'expérience, 328
Tours inclinées qui ne tombent point, 61
Traction, angle de, 167
Traîneaux, 205
Tube de verre frotté, 41

V

Vif argent, *Voyez* Mercure.
Vis, 119
— Calcul de sa force, 120
— Son grand frottement, *ibid.*
— Son avantage, 122
— Appliquée à la percussion, 125
— Jointe à une rouë, 126
— Son fil quarré & aigu, 127
Vîtesse, ce que c'est, 45
— Du poids differente de la vîtesse de la puissance, 76
Volan son usage & application, 258
— Il n'ajoute rien à la force de la puissance, mais il regle son mouvement, *ibid.*
— Joint à la vis pour frapper les monnoyes, 358
— Calcul de sa force, 364
Vuide prouvé par expérience, 13
— Il y en a plus que de matiere, 13
— Son existence sensible par la differente pesanteur des corps de même volume, 47

A 077 (240) / 107
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
600157145
1246402X

77

COURS
DE
PHILOSOPHIE

TOME I

197